Aus der Abteilung Augenheilkunde II
Ärztlicher Direktor: Professor Dr. Elfriede Aulhorn
der Augenklinik der Universität Tübingen

Veränderung von Lage und Größe des blinden Fleckes bei künstlich ametropen Augen in Abhängigkeit von der Korrektur mit konvexen und konkaven Brillenlinsen

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin
der Medizinischen Fakultät
(Klinische Medizin)
der Eberhard-Karls-Universität
Tübingen

vorgelegt von
Heinrich Schneider
aus Maulbronn

1983

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41543903_0129

Aus der Abteilung Augenheilkunde II
Ärztlicher Direktor: Professor Dr. Elfriede Aulhorn
der Augenklinik der Universität Tübingen

Veränderung von Lage und Größe des blinden Fleckes bei künstlich ametropen Augen in Abhängigkeit von der Korrektur mit konvexen und konkaven Brillenlinsen

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin
der Medizinischen Fakultät
(Klinische Medizin)
der Eberhard-Karls-Universität
Tübingen

vorgelegt von
Heinrich Schneider
aus Maulbronn

1983

Dekan:	Professor Dr. D. Plester
1. Berichterstatter:	Frau Professor Dr. E. Aulhorn
2. Berichterstatter:	Professor Dr. H. Harms

REFO-DRUCK HANS VOGLER TÜBINGEN

Meinen Eltern

Seite

4.2. Deutung der Ergebnisse 55

5. Zusammenfassung 59

6. Literaturverzeichnis 62

A b k ü r z u n g e n

bF	=	blinder Fleck
Bglst.	=	Brillenglasstärke
Diff.	=	Differenz
G.-feld	=	Gesichtsfeld
horiz.	=	horizontal
li	=	links
ø	=	Durchmesser
Pp	=	Prüfpunkt
re	=	rechts
Veränd.	=	Veränderung
vert.	=	vertikal
Vp	=	Versuchsperson

1. Einleitung

An der Papilla nervi optici, der Eintrittstelle des Fasciculus optici in die Retina, besteht ein physiologisches Skotom, da in diesem Bereich das Sinnesepithel fehlt. Die Lage dieses Skotoms - auch blinder Fleck genannt - im Gesichtsfeld läßt sich mit Hilfe der Perimetrie bestimmen. Man findet den blinden Fleck etwa 15,5° temporal und 1,5° unterhalb des Fixationspunktes. Seine Breite beträgt etwa 5° - 6°, seine Höhe etwa 7° - 8°.

Mit Hilfe der exakten Bestimmung von Größe und Lage des blinden Fleckes ist es nun einerseits möglich Fixationsverlagerungen des Auges festzuhalten. Andererseits kann man den Effekt optisch wirksamer Gläser - wie Brillenlinsen oder Kontaktlinsen - auf die Vergrößerungsverhältnisse zwischen Umweltbild und Netzhautbild bestimmen. Ein konkaves Brillenglas verkleinert das Bild der Umwelt und ein konvexes Glas vergrößert das Umweltbild.

Da der blinde Fleck im Gesichtsfeld die Projektion der Papille in die Außenwelt darstellt, ist durch die Messung der Größe des blinden Fleckes eine indirekte Methode zur Bestimmung der Netzhautbildgröße gegeben. Wenn man nun perimetrisch die Größen- und Lageänderung des blinden Fleckes erfaßt, kann man Rückschlüsse auf die Änderungen des Netzhautbildes ziehen, weil sich die Umweltbildänderungen umgekehrt zu den Änderungen des blinden Fleckes verhalten. Dabei entspricht eine Vergrößerung des perimetrisch ermittelten blinden Fleckes einer Verkleinerung des Umweltbildes und umgekehrt. Bei einem vergrößerten

blinden Fleck wird nämlich auf die gleiche Netzhautfläche eine größere Umweltfläche projiziert als vor der Brillenglaskorrektur, und damit wird eine größere Fläche von der gleichen Anzahl Sinneszellen wahrgenommen. Das heißt, daß das Umweltbild kleiner erscheint.

SCHULTE (1950) untersuchte die Größe des blinden Fleckes bei künstlicher My- und Hyperopisierung (plus und minus 6,0 dpt) durch Brillengläser mit verschiedenen Prüfmarken.

HAGER (1961) beschäftigte sich mit den optischen Problemen, die sich an Brillenfassungen bzw. am Rande von Brillengläsern ergeben. Die dabei auftretenden Ringskotome bzw. ringförmigen Doppelbildzonen - je nach Korrektur mit Konvex- oder Konkavlinsen - faßte er in einer Tabelle zusammen. Seine ungefähren Berechnungen konnte er aber mit seinen Messungen am COMBERGschen Blickperimeter nur näherungsweise zur Deckung bringen.

Im Rahmen der Problematik, die sich bei Aniseikonie ergibt, erarbeiteten WERNER, GERNET und NEUSER (1974) Formeln zur Berechnung der Bildgrößen bei Korrektur mit Brillengläsern und Kontaktlinsen.

Um uns ein genaueres Bild über die Größenänderungen des blinden Fleckes bei Patienten mit unterschiedlichen Refraktionsfehlern zu verschaffen, führten wir deshalb an emmetropen Augen eine Versuchsreihe durch, in der die Versuchspersonen mit Kontaktlinsen künstlich hyper- und myopisiert

wurden. Die Ametropie dieser Augen war also rein durch die variierte Refraktion bedingt und nicht durch eine geänderte Achsenlänge. Die künstliche Fehlsichtigkeit dieser Augen wurde dann durch ein Brillenglas wieder ausgeglichen und anschließend die Größe und Lage des blinden Fleckes perimetrisch bestimmt. Bei der Versuchsdurchführung war es wichtig, auf einen konstanten Abstand zwischen Hornhautscheitel und Brillenglas zu achten, da die Größenänderungen des blinden Fleckes von der Lage der Hauptebene der brechenden Medien abhängt. Diese wiederum wurde bei unserer Versuchsanordnung vor allem von zwei Faktoren stark beeinflußt; zum einen von der Stärke der Korrekturgläser und zum anderen vom Abstand Hornhautscheitel - Brillenglas.

Das Ziel der Arbeit soll nun darin bestehen, die Lage und Größenänderung des blinden Fleckes, die sich durch Brillenglaskorrektur von künstlich ametropen Augen ergibt, möglichst exakt zu erfassen, um dann Rückschlüsse auf andere Skotome ziehen zu können. Dabei sollten die Versuchsaugen eine normale axiale Augapfellänge haben.

2. Methodik

2.1. Apparatur

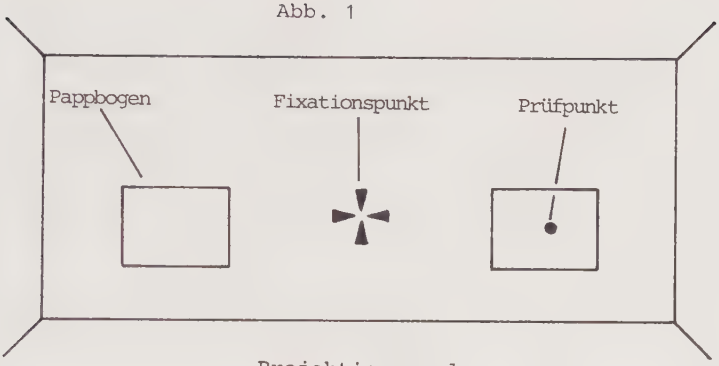
Für die perimetrischen Bestimmungen wurde im Prinzip die kampimetrische Untersuchungstechnik angewandt.

Der Kopf des Probanden wurde mit Hilfe einer Kinn- Stirnstütze so angebracht, daß der Abstand zwischen Versuchsauge und Fixationspunkt 3 m betrug (siehe Abb. 1). Die Achse Versuchsauge-Fixationspunkt stand senkrecht auf einer ebenen Projektionswand. Unter dem Kopf der Versuchsperson befand sich ein Diaprojektor, mit welchem der Fixationspunkt auf die Wand projiziert wurde. Mit einem zweiten Projektor wurde der Prüfpunkt dargeboten. Die Größe des Fixations- und Prüfpunktes konnte durch ein entsprechendes Dia beliebig gewählt werden. Die Leuchtdichte der Punkte konnte mit Hilfe der Projektoren stufenlos verstellt werden. Der Abstand von 3 m wurde gewählt, um möglichst große absolute Änderungen der Größe des blinden Fleckes zu erreichen. Eine größere Entfernung war nicht möglich, da die Diaprojektoren dann kein scharfes Bild mehr an die Wand werfen konnten. Um die Probanden während des Versuchs nicht zu irritieren, war es notwendig, die Projektoren außerhalb ihres Gesichtsfeldes zu postieren.

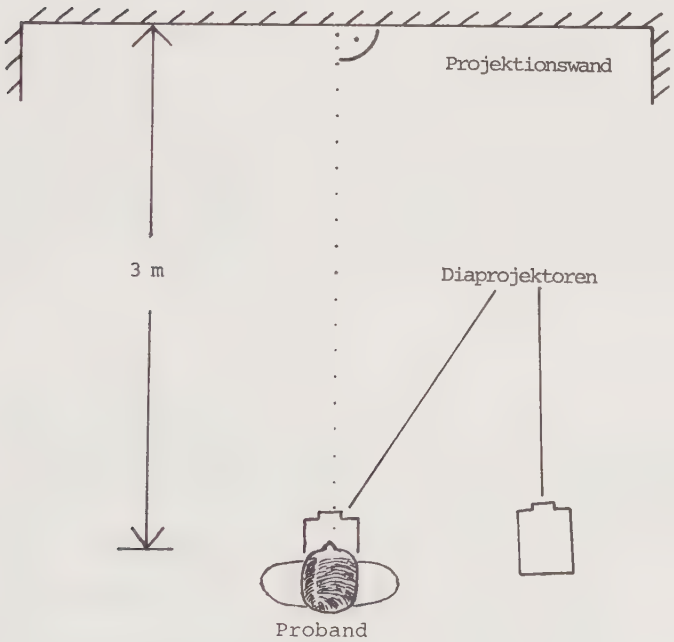
2.2. Versuchspersonen

Die Versuche wurden mit drei Personen - drei Studenten im

Abb. 1



Projektionswand
(schematisch)



Versuchsaufbau
(schematisch)

Alter von 23 - 25 Jahren -, die beidseits emmetrope Augen hatten, durchgeführt. Der Visus jedes einzelnen Auges betrug mindestens 1,0. Zur Kontrolle wurde die Länge des Augapfels mit Ultraschall bestimmt, wobei sich Werte zwischen 23,25 mm und 24,40 mm ergaben, welche alle im Normalbereich lagen.

2.3. Wahl der Größe des Fixations- und Prüfpunktes

Im Rahmen einer Reihe von Vorversuchen wurden der Fixations- und Prüfpunkt so gewählt, daß bei wiederholter Bestimmung des blinden Fleckes die Meßergebnisse die geringste Abweichung zeigten. Als günstigster Fixationspunkt erwies sich der in Abb. 1 gezeigte Stern mit den vier Keilen, deren Spitze alle zur Mitte wiesen. Das Fixationsbild hatte einen Durchmesser von 1/2° von Keilbasis zu Keilbasis gemessen. Der entsprechend geeignete Prüfpunkt bestand aus einer beleuchteten Kreisfläche, die an der Projektionswand eine Größe von 1 cm = 10 Bogenminuten hatte.

Die Leuchtdichte von Fixationszeichen und Prüfpunkt betrug während der Versuche 133 asb und die des Umfeldes 6 asb. Die Umfeldleuchtdichte mußte mindestens so hell gewählt werden, damit photopisches Sehen und Fixation mit der Makula vorlag. Aus diesem Grund wurden die Vorversuche auch mit rotem und weißem Licht durchgeführt. Da das rote Licht aber keine besseren Ergebnisse lieferte, erfolgten die Hauptversuche mit weißem Licht, weil bei diesem die Leuchtdichte höher war.

2.4. Versuchsplanübersicht

Der Versuchsablauf war folgender:
Nach Verschluß eines Auges durch eine Augenklappe wurde der blinde Fleck des anderen künstlich fehlsichtigen Auges mit der unter 2.1. beschriebenen Apparatur bestimmt. Die für die künstlichen Refraktionsfehler notwendigen Kontaktlinsen standen für jedes Auge in den Stärken

+ 10,0 dpt; + 8,0 dpt; + 6,0 dpt; + 4,0 dpt;
+ 2,0 dpt; 0,0 dpt; - 2,0 dpt; - 4,0 dpt;
- 6,0 dpt; - 8,0 dpt und - 10,0 dpt

zur Verfügung.

Der Abstand Hornhautscheitel - Brillenlinse betrug für alle Versuche konstant 14,0 mm. Von den beiden für die Versuchsdurchführung benötigten Untersuchern bediente der eine den Projektor mit dem Prüfpunkt während der andere die Ergebnisse auf der Projektionswand festhielt.

2.5. Versuchsdurchführung

a) An der weißen Projektionswand wurde ein großer Bogen gleichfarbener Pappe so angebracht, daß er ungefähr im Bereich des zu messenden blinden Fleckes lag.

b) Die Kinn- Stirnstütze wurde so aufgestellt, daß die Entfernung Auge - Fixationspunkt 3 m betrug. Das Dia für den Fixationspunkt befand sich in dem Projektor, der unter dem Kopf des Probanden angebracht war. Das Dia mit dem Prüfpunkt wurde mit dem fahrbaren Projektor abgebildet. Das nicht zu prüfende Auge wurde mit einer Augenklappe abgedeckt. Die Leuchtdichte betrug für den Prüfpunkt 133 asb, für den Fixationspunkt 133 asb und für das Umfeld 6 asb.

c) Nach dieser Vorbereitungsphase setzte sich die Versuchsperson die 0,0 dpt Kontaktlinse in das zu untersuchende Auge ein und das Probiergestell mit einem Planglas auf.

d) Die Versuchsperson setzte sich dann an die Stirn- Kinnstütze, und die beiden Untersucher bestimmten die Größe und Lage des blinden Fleckes. Der eine Untersucher bediente den Projektor mit dem Prüfpunkt, der andere zeichnete die von der Versuchsperson angegebenen Punkte auf der Pappe an der Projektionswand ein. Die Methode, mit welcher der blinde Fleck bestimmt wurde, wird unter i) genauer erläutert.

e) Anschließend wechselte die Versuchsperson die Kontaktlinse und setzte nun die Kontaktlinse mit - 2 dpt auf die Hornhaut.

f) Daran schloß sich mit Hilfe der Probierbrille eine Refraktionsbestimmung an. Nachdem die Refraktionsfehler,

welcher durch die Kontaktlinse erzeugt wurde, optimal auskorrigiert war, wurde Punkt d) - die Bestimmung des blinden Fleckes - wiederholt.

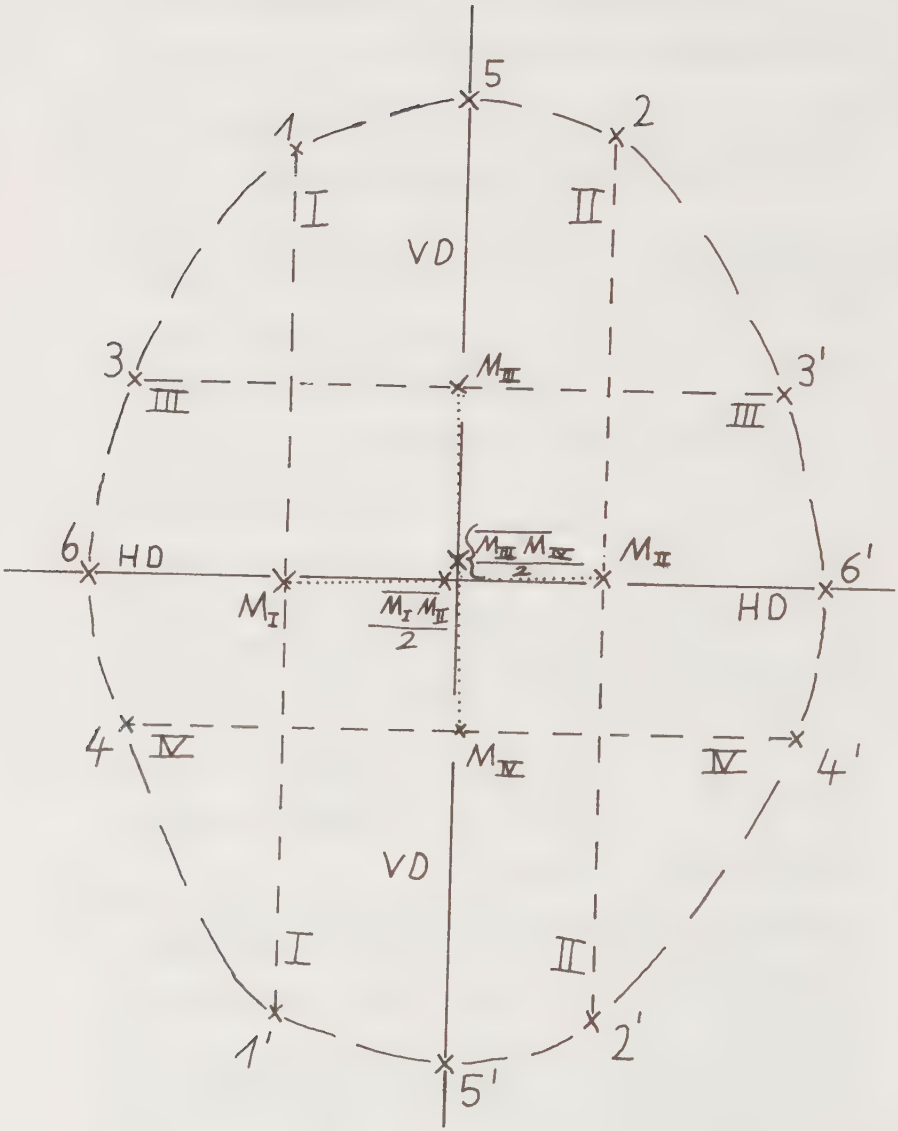
g) Die Punkte e) und f) wurden für die Kontaktlinsen - 4,0 dpt, - 6,0 dpt, - 8,0 dpt und - 10,0 dpt wiederholt.

i) Die Bestimmung des blinden Fleckes wurde wie in Abb. 2 vorgenommen. Der Untersucher führte den Prüfpunkt mit dem Projektor so, daß der Prüfpunkt vom Zentrum des blinden Fleckes nach peripher wanderte. Sobald die Versuchsperson den Prüfpunkt wahrnahm, markierte der zweite Untersuchende die Stelle. Die Geschwindigkeit, mit welcher der Prüfpunkt bewegt wurde, betrug 10 Winkelminuten je Minute. Sie war so gering, damit die Abweichung zwischen der Stelle, die von der Versuchsperson angegeben wurde, und der Stelle, die vom Untersucher markiert wurde, möglichst klein gehalten werden konnte.

Zu Beginn der Untersuchung wurden ungefähr 6 - 8 Punkte bestimmt, um eine grobe Orientierung über die Lage des blinden Fleckes zu bekommen.
An Hand dieser Groborientierung wurde die Lage der Linien I, II, III und IV bestimmt. Dabei war vor allem wichtig, daß die Linien nicht zu nahe an der Mitte oder am Rande des blinden Fleckes verliefen. Die Linien I und II liefen vertikal und Linien III und IV liefen horizontal.

Der Untersuchende führte dann den Prüfpunkt auf der Linie I

Abb. 2


5
1
2
I
II
VD
3
M_{III}
3'
III
III
6
HD
$\frac{M_{III}\,M_{IV}}{2}$
M_{II}
6'
M_I
$\frac{M_I\,M_{II}}{2}$
HD
4
IV
M_{IV}
IV
4'
VD
I
II
1'
2'
5'

und bestimmte die Punkte 1 und 1'. Ebenso verfuhr er mit den Linien II, III und IV. Jeder der Punkte 1, 1', 2,2', 3,3', 4,4' wurde zweimal angefahren. Falls sich eine Differenz der beiden Einzelmessungen ergab, die größer als der Meßfehler war, wurde die entsprechende Linie etwas verschoben - Linie I und II nach rechts oder links, Linie III und IV nach oben oder nach unten - und die Messung wiederholt. Diese Maßnahmen waren deshalb gerechtfertigt, da es durchaus geschehen konnte, daß sich die Abbildung des Prüfpunktes auf einem Blutgefäß entlang bewegte, das über den Papillenrand hinwegzog. An einer solchen Stelle konnte die Versuchsperson erwartungsgemäß keinen einheitlichen Begrenzungspunkt angeben.

Nachdem die Punkte 1,1', 2,2', 3,3', 4,4' bestimmt waren, wurden die Mittelpunkte M_I, M_{II}, M_{III}, M_{IV} der Strecken $\overline{11'}$, $\overline{22'}$, $\overline{33'}$ und $\overline{44'}$ geometrisch ermittelt.

Durch den Mittelpunkt der Strecke $\overline{M_I\ M_{II}}$ wurde eine horizontale Gerade gelegt, auf welcher die Punkte 6 und 6' mit dem Prüfprojektor bestimmt wurden. Durch den Mittelpunkt der Strecke $\overline{M_{III}\ M_{IV}}$ wurde eine vertikale Gerade gelegt, auf welcher dann die Lage der Punkte 5 und 5' festgestellt wurde. Die Stecken $\overline{55'}$ und $\overline{66'}$ - also die Längen des vertikalen und horizontalen Durchmessers - wurden dann zur Größenbestimmung des blinden Fleckes verwendet. Die Lage des blinden Fleckes wurde mit Hilfe der Lage des horizontalen und vertikalen Durchmessers bestimmt.

3. Ergebnisse

3.1. Die Meßergebnisse mit Erläuterungen zur ihrer Darstellung

Untersucht wurden sechs Augen bei drei Versuchspersonen. Die Abbildungen 3 - 14 geben die Originalmessungen im Maßstab 1:5 wieder. Um die Werte direkt im Winkelgrad ablesen zu können, wurde ein Lineal im Tangensmaßstab angefertigt, da die Netzhaut, welche näherungsweise eine Kugeloberfläche hat, auf eine Ebene projiziert wurde.

In Tabelle 1 a - f sind sämtliche Ergebnisse zusammengestellt. Der Abstand Hornhautscheitel - Brillenlinse betrug für alle Versuchsaugen 14,0 mm. In den Spalten 1 - 9 sind folgende Werte angegeben,

- in Spalte 1 die Stärke des Brillenglases, welches zur Korrektur des künstlichen Refraktionsfehlers benötigt wurde (siehe auch 2.4.f)). Aus dieser Spalte ist zudem ersichtlich, daß für eine Kontaktlinse mit + 2,0 dpt nicht immer ein Brillenglas mit der Stärke - 2,0 dpt zur Korrektur geeignet war. Dasselbe galt für die übrigen Kontaktlinsen. Diese Tatsache ist wohl damit zu erklären, daß die Augenlinse verschiedene Akkommodationszustände einnahm, welche sie über eine gewisse Zeit auch gegen eine mögliche Brillenkorrektur beibehielt. Da sich aber durch die Augenlinse nur sehr geringe Änderungen der Hauptebene ergeben, konnte diese etwas unerwartete Reaktion bei der Bewertung der Meßergebnisse vernachlässigt werden.

- in Spalte 2 die horizontale Lage des blinden Fleckes im Gesichtsfeld, welche aus der Lage des vertikalen Durchmessers bestimmt wurde (siehe 2.4.i) mit Abb. 2);

- in Spalte 3 die Veränderung der horizontalen Lage des blinden Fleckes in Bezug auf dessen Lage bei 0 dpt.

- in Spalte 4 die vertikale Lage des blinden Fleckes im Gesichtsfeld, welche aus der Lage des horizontalen Durchmessers bestimmt wurde (siehe 2.4.i) mit Abb. 2);

- in Spalte 5 die Veränderung der vertikalen Lage des blinden Fleckes in Bezug auf dessen Lage bei 0 dpt;

- in Spalte 6 die Länge des horizontalen Durchmessers, welche anhand der Strecke $\overline{66'}$ in Abb. 2 bestimmt wurde;

- in Spalte 7 die Differenz der Länge des horizontalen Durchmessers bei 0 dpt;

- in Spalte 8 die Länge des vertikalen Durchmessers, welche anhand der Strecke $\overline{55'}$ in Abb. 2 bestimmt wurde;

- in Spalte 9 die Differenz zur Länge des vertikalen Durchmessers bei 0 dpt;

In jeder der Tabellen 1 a - f werden die Meßwerte für 0 dpt zweimal angegeben, da für die Erstellung der Meßergebnisse für jede Tabelle zwei Versuchsbogen zur Auswertung herangezogen wurden und da auf jedem Versuchsbogen der blinde Fleck für 0,0 dpt neu bestimmt wurde.

Tabelle 1a

Vp 1, li Auge; Abstand Hornhautscheitel-Brillenlinse: 14 mm

Brillenglas-stärke	horiz. Lage des bF		vert. Lage des bF		horiz. Durchmesser		vert. Durchmesser	
	Lage im G.-Feld	Veränd. zur Odpt-Lage	Lage im G.-Feld	Veränd. zur Odpt-Lage	ø absolut	Diff. zum Odtp-ø	ø absolut	Diff. zum Odpt-ø
+ 9,50 dpt	12° 40'	- 2° 35'	2° 10'	- 25'	3° 30'	- 1° 15'	4° 55'	- 1° 25'
+ 7,50 dpt	13° 20'	- 1° 55'	2° 15'	- 20'	3° 50'	- 55'	4° 55'	- 1° 25'
+ 6,25 dpt	13° 35'	- 1° 40'	2° 10'	- 25'	3° 55'	- 50'	5° 15'	- 1° 05'
+ 4,25 dpt	14° 10'	- 1° 05'	2° 30'	- 5'	4° 20'	- 25'	5° 45'	- 35'
+ 1,75 dpt	14° 45'	- 30'	2° 35'	0'	4° 35'	- 10'	6° 00'	- 20'
± 0,00 dpt	15° 15'	0'	2° 35'	0'	4° 45'	0'	6° 20'	0'
0,00 dpt	15° 40'	0'	2° 25'	0'	4° 40'	0'	6° 30'	0'
- 2,00 dpt	16° 00'	20'	2° 50'	25'	5° 10'	30'	7° 00'	30'
- 3,50 dpt	16° 25'	45'	2° 45'	20'	4° 55'	15'	7° 05'	35'
- 6,00 dpt	17° 15'	1° 35'	2° 40'	15'	5° 30'	50'	7° 30	1° 00'
- 8,00 dpt	17° 45'	2° 05'	2° 25'	0'	5° 35'	55'	7° 05'	35'
- 10,25 dpt	18° 10'	2° 30'	2° 45'	20'	5° 55'	1° 15'	7° 45'	1° 15'

Tabelle 1b

Vp 2, li Auge; Abstand Hornhautscheitel-Brillenlinse: 14 mm

Brillenglas-stärke	horiz. Lage des bF		vert. Lage des bF		horiz. Durchmesser		vert. Durchmesser	
	Lage im G.-Feld	Veränd. zur Odpt-Lage	Lage im G.-Feld	Veränd. zur Odpt-Lage	ø absolut	Diff. zum Odtp-ø	ø absolut	Diff. zum Odpt-ø
9,50 dpt	12° 55'	- 2° 25'	0° 40'	20'	3° 55'	- 1° 15'	5° 10'	- 1° 35'
8,25 dpt	13° 10'	- 2° 10'	0° 50'	30'	4° 05'	- 1° 05'	5° 30'	- 1° 15'
6,25 dpt	13° 30'	- 1° 50'	0° 40'	20'	4° 15'	- 55'	5° 35'	- 1° 10'
4,50 dpt	14° 00'	- 1° 20'	0° 50'	30'	4° 20'	- 50'	6° 00'	- 45'
2,25 dpt	14° 50'	- 30'	0° 20'	0'	4° 05'	- 1° 05'	6° 30'	- 15'
0,00 dpt	15° 20'	0'	0° 20'	0'	5° 10'	0'	6° 45'	0'
0,00 dpt	15° 15'	0'	30'	0'	4° 50'	0'	6° 40'	0'
- 1,25 dpt	15° 35'	20'	30'	0'	5° 00'	10'	6° 45'	5'
- 3,50 dpt	16° 10'	55'	20'	- 10'	5° 20'	30'	7° 00'	20'
- 5,50 dpt	16° 30'	1° 15'	20'	- 10'	5° 20'	30'	7° 15'	35'
- 7,75 dpt	17° 25'	2° 10'	20'	- 10'	5° 50'	1° 00'	7° 30'	50'
- 10,00 dpt	18° 10'	2° 55'	- 15'	- 45'	6° 15'	1° 25'	8° 30'	1° 50'

Tabelle 1c

Vp 3, li Auge; Abstand Hornhautscheitel-Brillenlinse: 14 mm

Brillenglas-stärke	horiz. Lage des bF		vert. Lage des bF		horiz. Durchmesser		vert. Durchmesser	
	Lage im G.-Feld	Veränd. zur Odpt-Lage	Lage im G.-Feld	Veränd. zur Odpt-Lage	ø absolut	Diff. zum Odtp-ø	ø absolut	Diff. zum Odpt-ø
8,75 dpt	12° 45'	- 2° 45'	1° 35'	5'	5° 20'	- 1° 15'	6° 20'	- 1° 40'
6,75 dpt	13° 20'	- 2° 10'	1° 30'	0'	5° 20'	- 1° 15'	6° 40'	- 1° 20'
6,00 dpt	13° 50'	- 1° 40'	1° 20'	- 10'	5° 45'	- 0° 50'	7° 05'	- 55'
4,00 dpt	14° 10'	- 1° 20'	1° 20'	- 10'	5° 50'	- 45'	7° 10'	- 50'
2,00 dpt	14° 45'	- 0° 45'	1° 40'	10'	6° 30'	- 5'	7° 45'	- 15'
0,00 dpt	15° 30'	0'	1° 30'	0'	6° 35'	0'	8° 00'	0'
0,00 dpt	15° 10'	0'	1° 55'	0'	6° 35'	0'	7° 55'	0'
- 1,00 dpt	15° 30'	0° 20'	2° 10'	15'	7° 00'	25'	8° 30'	35'
- 3,50 dpt	16° 15'	1° 05'	2° 00'	5'	7° 45'	1° 10'	8° 30'	35'
- 5,50 dpt	16° 40'	1° 30'	2° 20'	25'	7° 45'	1° 10'	8° 55'	1° 00'
- 8,00 dpt	17° 15'	2° 05'	2° 05'	10'	8° 05'	1° 30'	9° 10'	1° 15'
- 10,00 dpt	18° 00'	2° 50'	2° 10'	15'	8° 30'	1° 45'	9° 30'	1° 35'

Tabelle 1d

Vp 1, re Auge; Abstand Hornhautscheitel-Brillenlinse: 14 mm

Brillenglas-stärke	horiz. Lage des bF		vert. Lage des bF		horiz. Durchmesser		vert. Durchmesser	
	Lage im G.-Feld	Veränd. zur Odpt-Lage	Lage im G.-Feld	Veränd. zur Odpt-Lage	ø absolut	Diff. zum Odtp-ø	ø absolut	Diff. zum Odpt-ø
9,00 dpt	12° 10'	- 3° 20'	1° 45'	- 25'	3° 25'	- 1° 45'	5° 15'	- 1° 20'
7,50 dpt	12° 55'	- 2° 35'	1° 50'	- 20'	3° 55'	- 1° 15'	5° 40'	- 55'
5,75 dpt	13° 20'	- 2° 10'	1° 55'	- 15'	4° 35'	- 35'	5° 20'	- 1° 15'
3,50 dpt	14° 10'	- 1° 20'	2° 05'	- 5'	4° 45'	- 25'	5° 45'	- 50'
2,00 dpt	14° 50'	- 40'	2° 15'	5'	5° 05'	- 5'	6° 10'	- 25'
0,00 dpt	15° 30'	0'	2° 10'	0'	5° 10'	0'	6° 35'	0'
0,00 dpt	15° 35'	0'	1° 40'	0'	5° 05'	0'	6° 35'	0'
- 1,50 dpt	15° 50'	15'	1° 50'	10'	5° 10'	5'	6° 50'	15'
- 4,00 dpt	16° 45'	1° 10'	1° 50'	10'	5° 40'	35'	7° 20'	45'
- 6,00 dpt	17° 30'	1° 55'	1° 30'	- 10'	5° 30'	25'	7° 20'	45'
- 8,25 dpt	17° 50'	2° 15'	2° 05'	25'	6° 20'	1° 15'	7° 45'	1° 10'
- 11,00 dpt	19° 40'	4° 05'	1° 55'	15'	6° 55'	1° 50'	8° 40'	2° 05'

Tabelle 1e

Vp 2, re Auge; Abstand Hornhautscheitel-Brillenlinse: 14 mm

Brillenglas-stärke	horiz. Lage des bF		vert. Lage des bF		horiz. Durchmesser		vert. Durchmesser	
	Lage im G.-Feld	Veränd. zur Odpt-Lage	Lage im G.-Feld	Veränd. zur Odpt-Lage	ø absolut	Diff. zum Odtp-ø	ø absolut	Diff. zum Odpt-ø
8,00 dpt	13° 20'	- 2° 20'	1° 40'	5'	3° 55'	- 35'	4° 50'	- 1° 20'
7,00 dpt	13° 35'	- 2° 05'	1° 25'	- 10'	3° 40'	- 50'	5° 20'	- 50'
5,75 dpt	13° 55'	- 1° 45'	1° 45'	10'	4° 05'	- 25'	5° 50'	- 20'
3,50 dpt	14° 30'	- 1° 10'	1° 50'	15'	4° 25'	- 5'	5° 55'	- 15'
2,25 dpt	14° 55'	- 45'	1° 40'	5'	4° 40'	+ 10'	5° 55'	- 15'
0,00 dpt	15° 40'	0'	1° 35'	0'	4° 30'	0'	6° 10'	0'
0,00 dpt	15° 40'	0'	1° 10'	0'	4° 30'	0'	6° 20'	0'
- 1,75 dpt	15° 55'	15'	1° 00'	- 10'	4° 35'	5'	6° 20'	0'
- 4,00 dpt	16° 15'	35'	1° 40'	30	4° 55'	25'	6° 50'	30'
- 6,25 dpt	17° 00'	1° 20'	1° 15'	5'	5° 05'	35'	7° 00'	40'
- 8,50 dpt	17° 35'	1° 55'	1° 20'	10'	5° 35'	1° 05'	7° 25'	1° 05'
- 11,25 dpt	18° 25'	2° 45'	1° 55'	45'	6° 10'	1° 40'	7° 40'	1° 20'

Tabelle 1f

Vp 3, re Auge; Abstand Hornhautscheitel-Brillenlinse: 14 mm

Brillenglas-stärke	horiz. Lage des bF		vert. Lage des bF		horiz. Durchmesser		vert. Durchmesser	
	Lage im G.-Feld	Veränd. zur Odpt-Lage	Lage im G.-Feld	Veränd. zur Odpt-Lage	∅ absolut	Diff. zum Odtp-∅	∅ absolut	Diff. zum Odtp-∅
9,25 dpt	13° 35'	- 2° 40'	2° 35'	+ 20'	4° 35'	- 1° 25'	5° 55'	- 1° 40'
7,50 dpt	14° 05'	- 2° 10'	2° 25'	+ 10'	4° 50'	- 1° 10'	6° 35'	- 1° 00'
5,50 dpt	14° 30'	- 1° 45'	2° 40'	+ 25'	5° 25'	- 35'	6° 40'	- 55'
4,00 dpt	14° 50'	- 1° 25'	2° 30'	+ 15'	5° 30'	- 30'	7° 00'	- 35'
2,25 dpt	15° 35'	- 40'	2° 30'	+ 15'	5° 45'	- 15'	7° 20'	- 15'
0,00 dpt	16° 15'	0'	2° 15'	0'	6° 00'	0'	7° 35'	0'
0,00 dpt	16° 15'	0'	2° 40'	0'	6° 10'	0'	7° 35'	0'
- 2,00 dpt	16° 45'	30'	3° 05'	25'	6° 20'	10'	7° 45'	10'
- 4,00 dpt	17° 25'	1° 10'	2° 55'	15'	6° 40'	30'	7° 55'	20'
- 6,00 dpt	18° 00'	1° 45'	3° 10'	30'	7° 05'	55'	8° 05'	30'
- 8,00 dpt	18° 50'	2° 35'	3° 25'	45'	7° 00'	50'	9° 00'	1° 25'
- 10,25 dpt	19° 15'	3° 00'	3° 55'	1° 15'	7° 45'	1° 35'	9° 15'	1° 40'

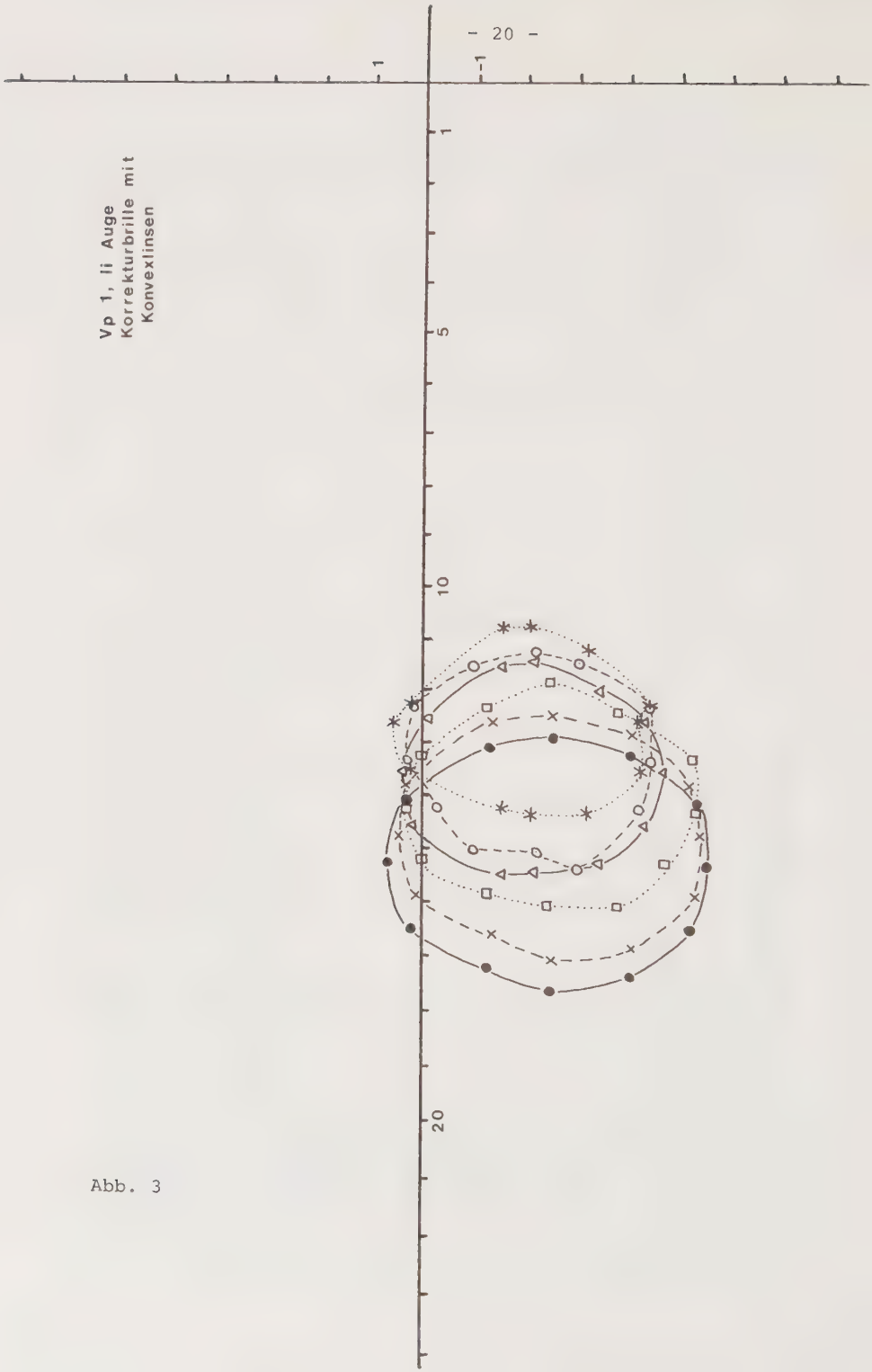


Abb. 3

Abb. 4

Vp 1, li Auge
Korrekturbrille mit
Konkavlinsen

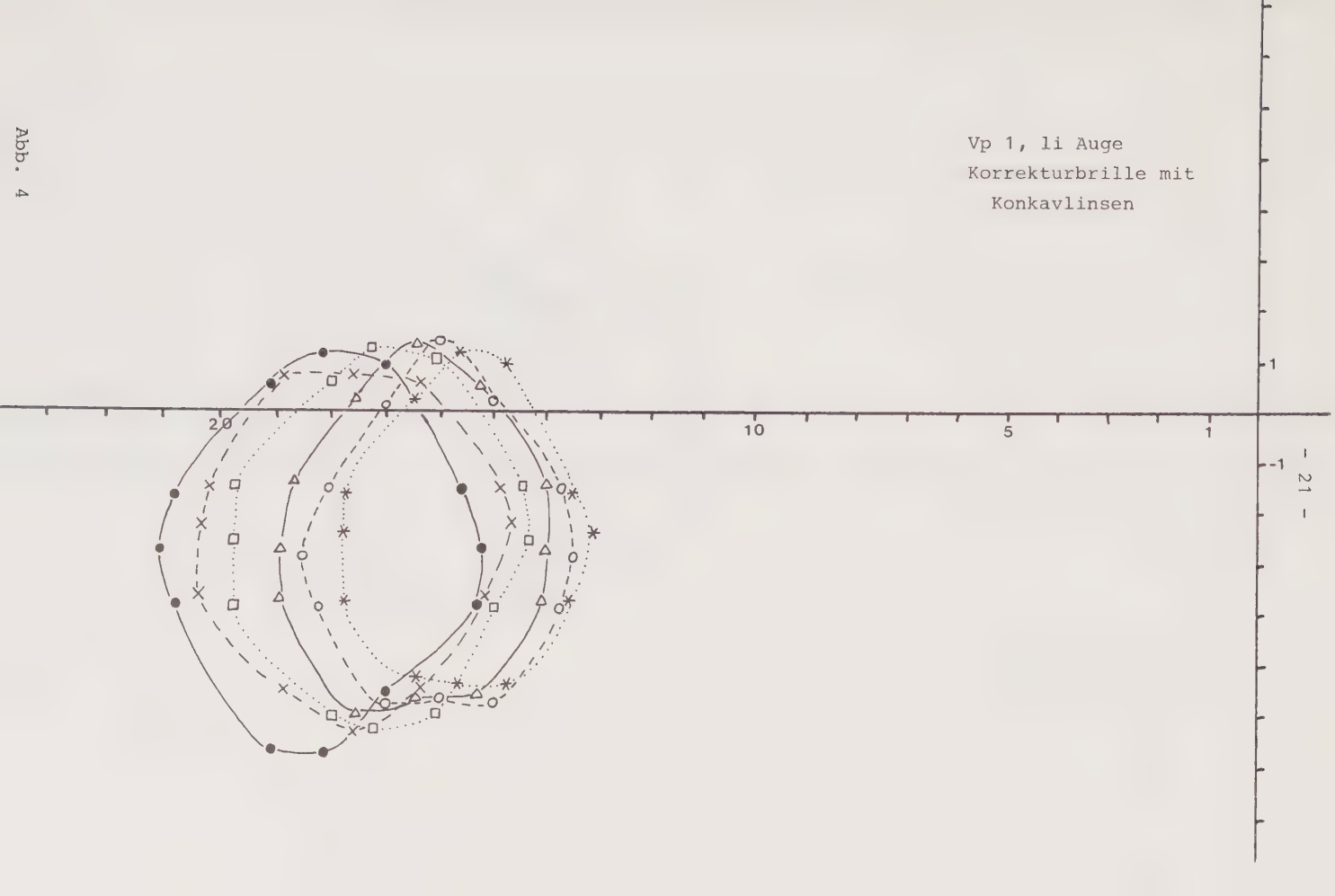


Abb. 5

Vp 2, li Auge
Korrekturbrille mit
Konvexlinsen

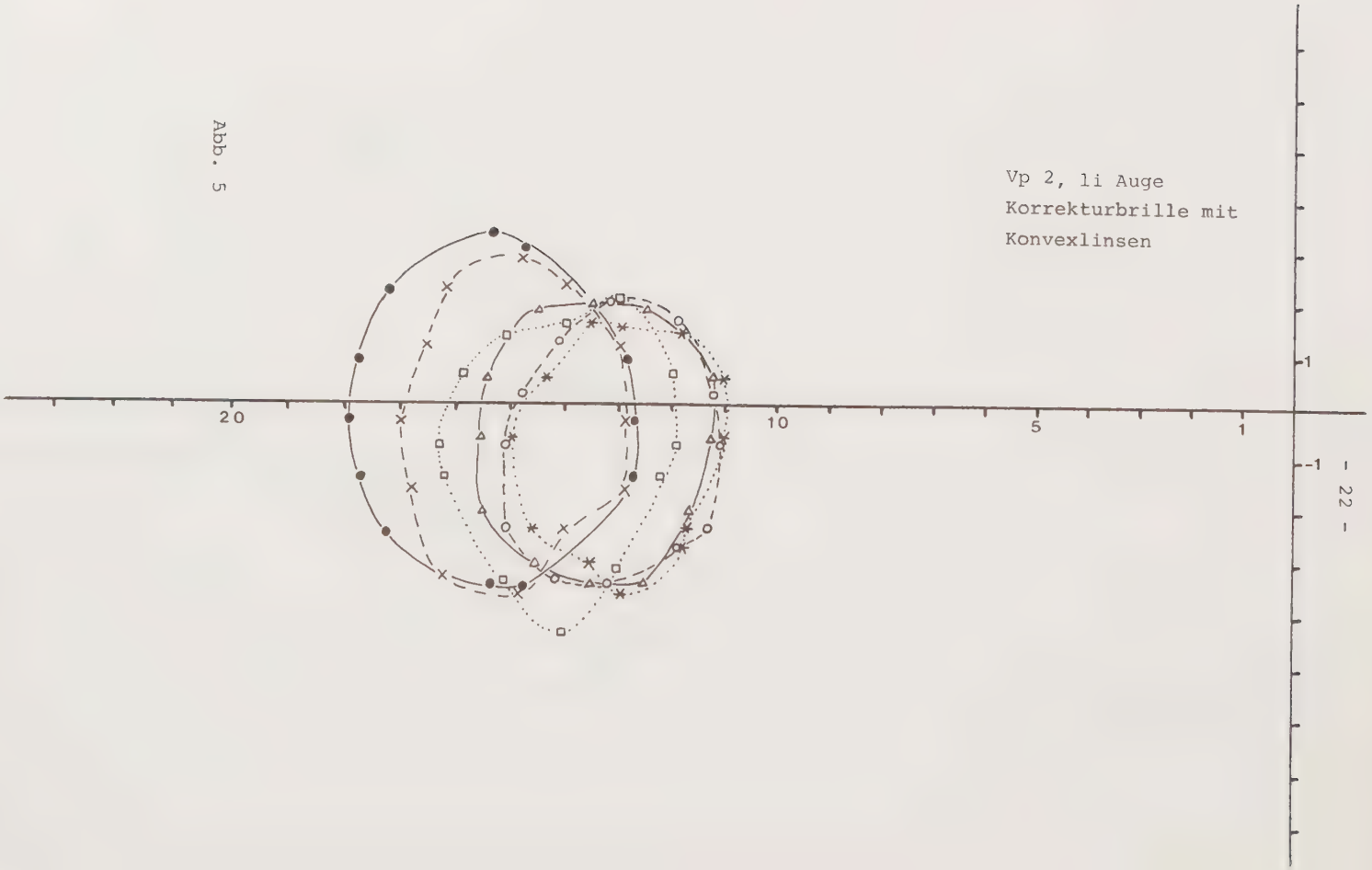
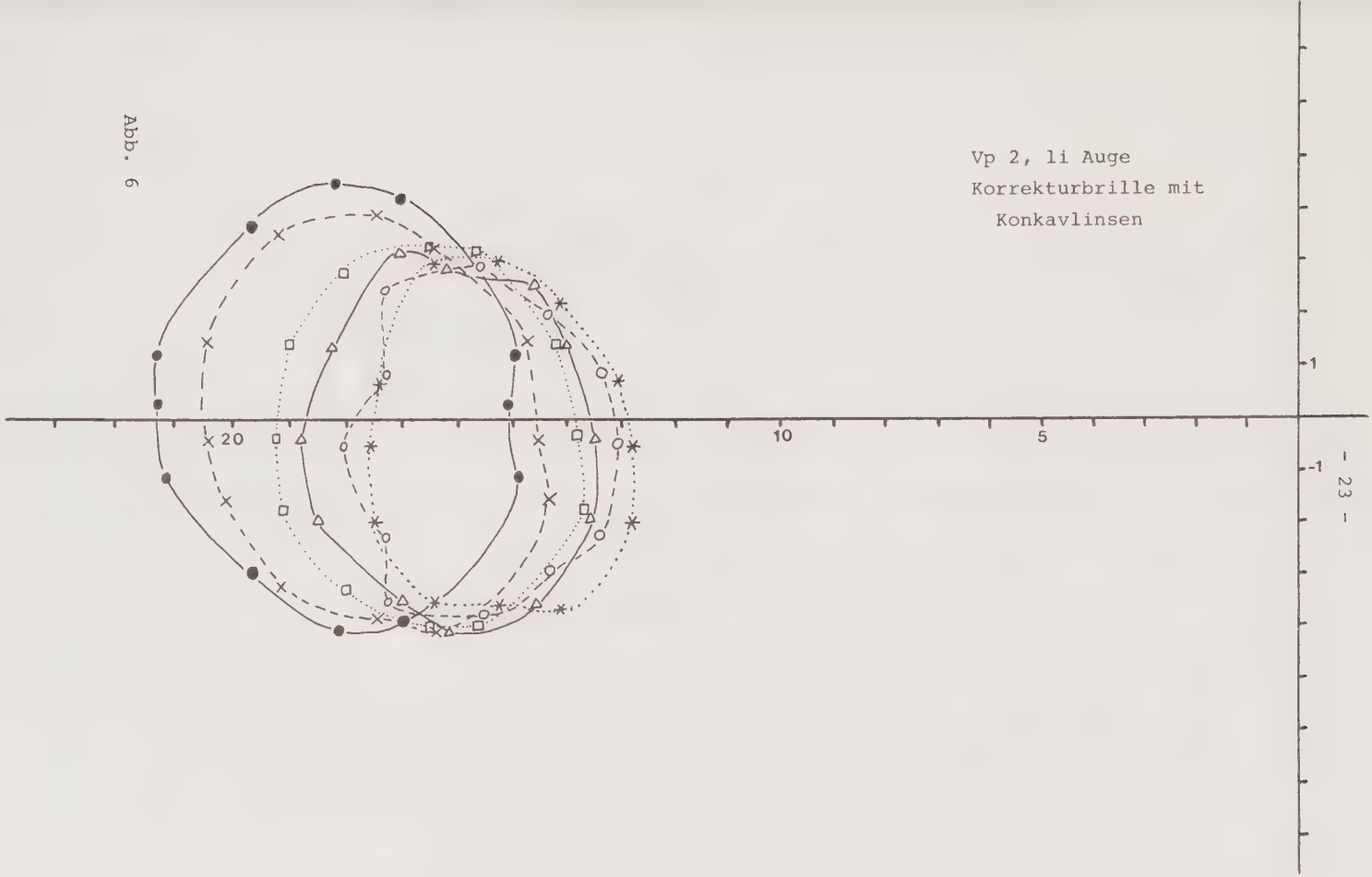


Abb. 6



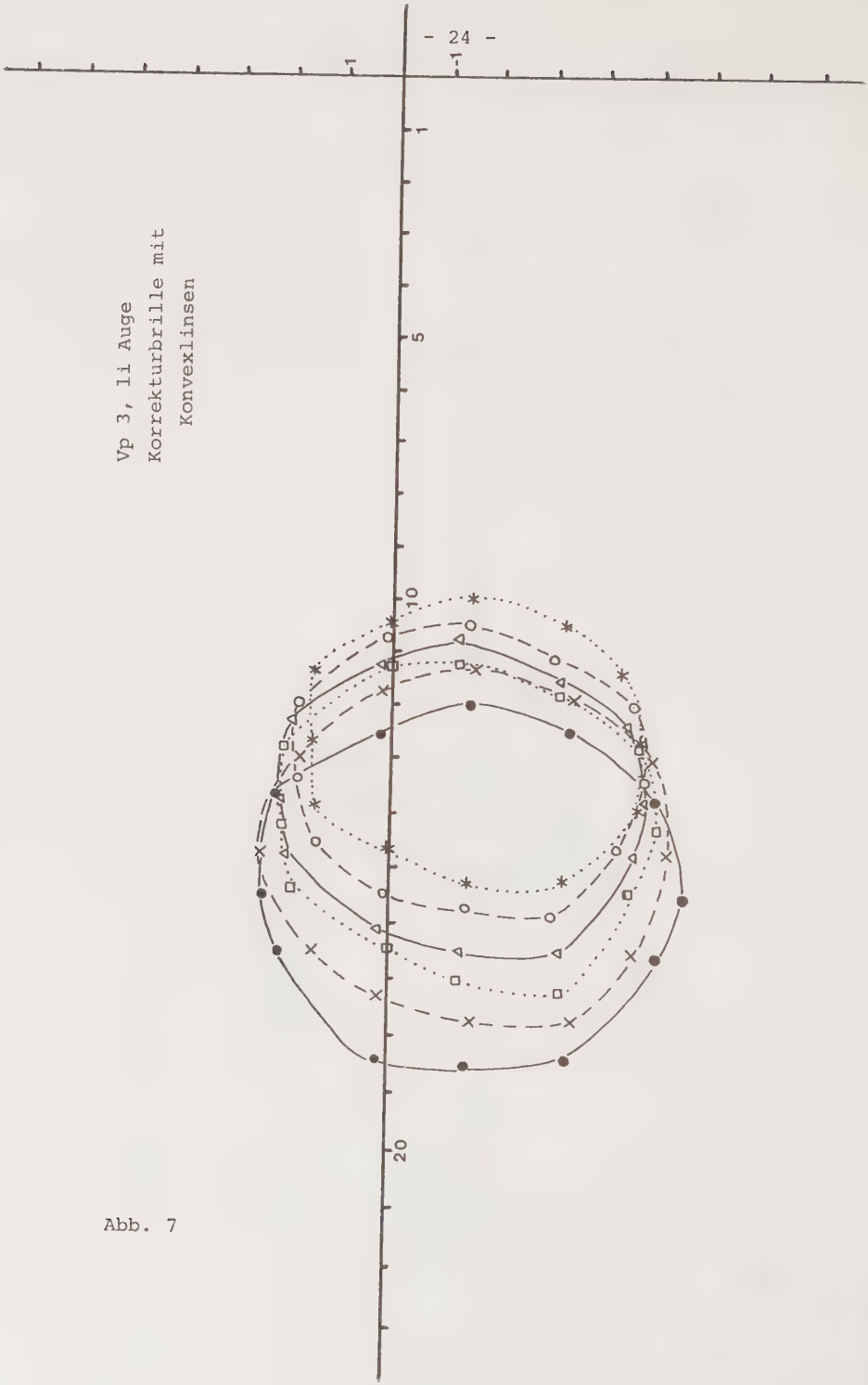


Abb. 7

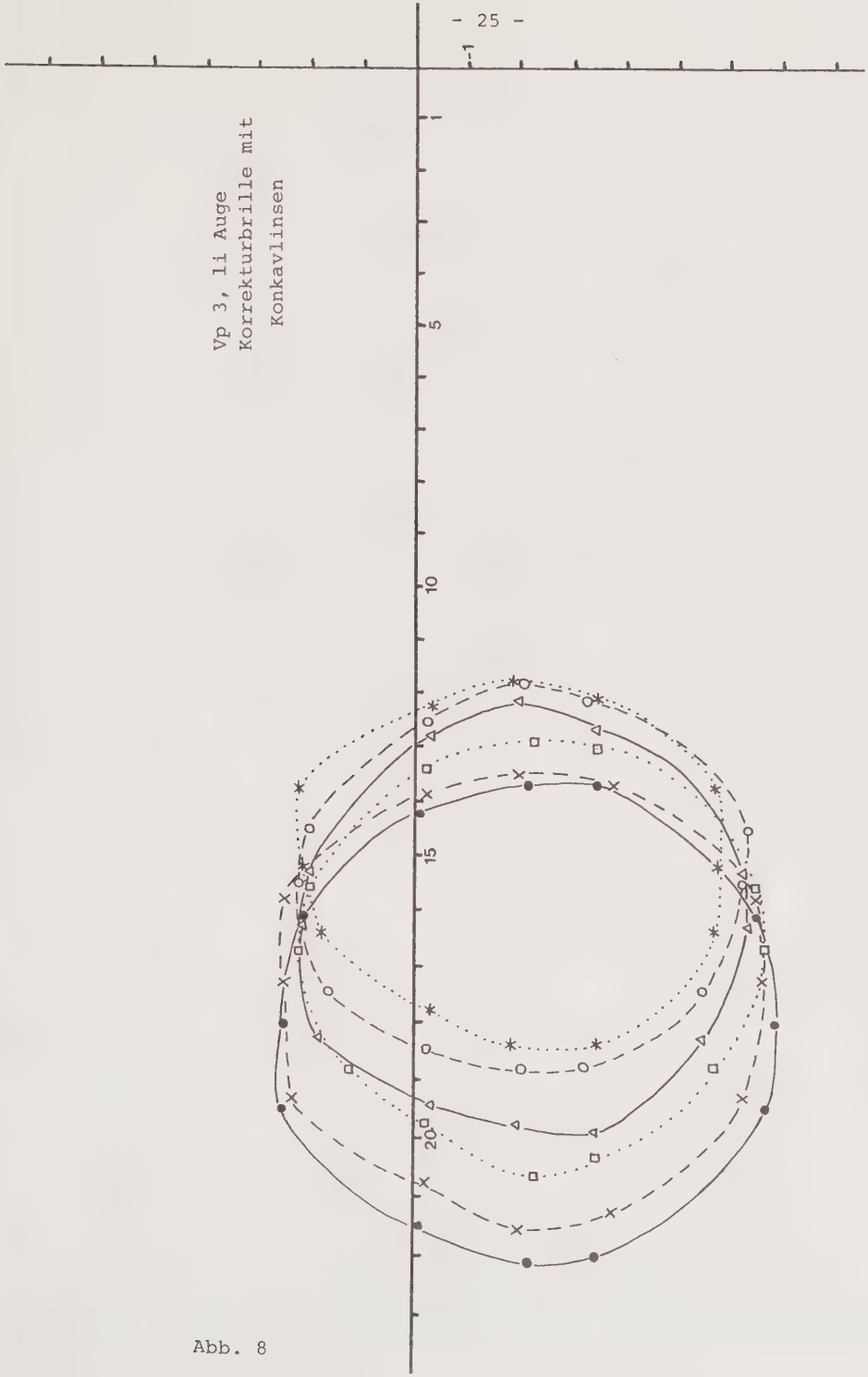


Abb. 8

Abb. 9

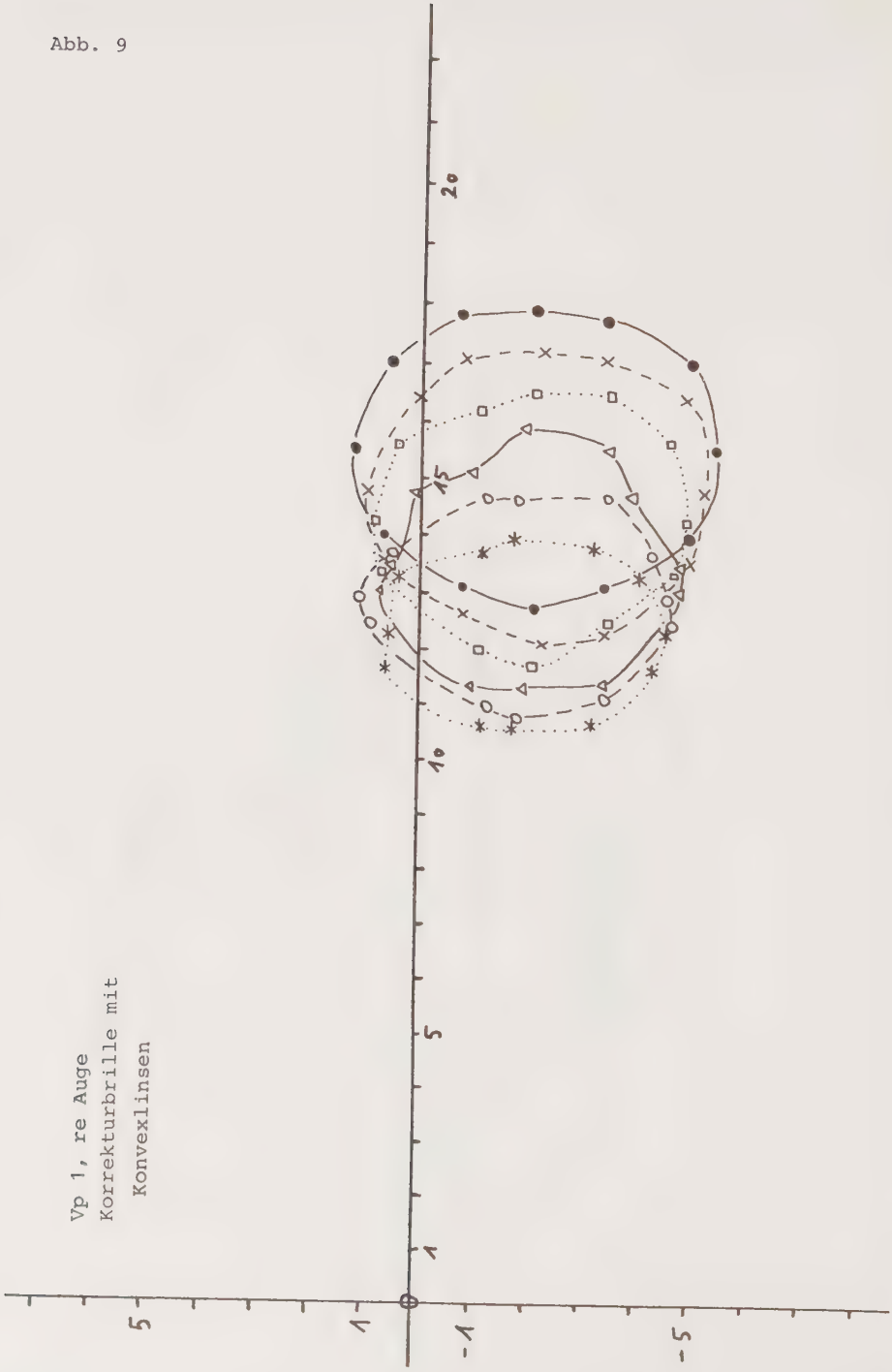
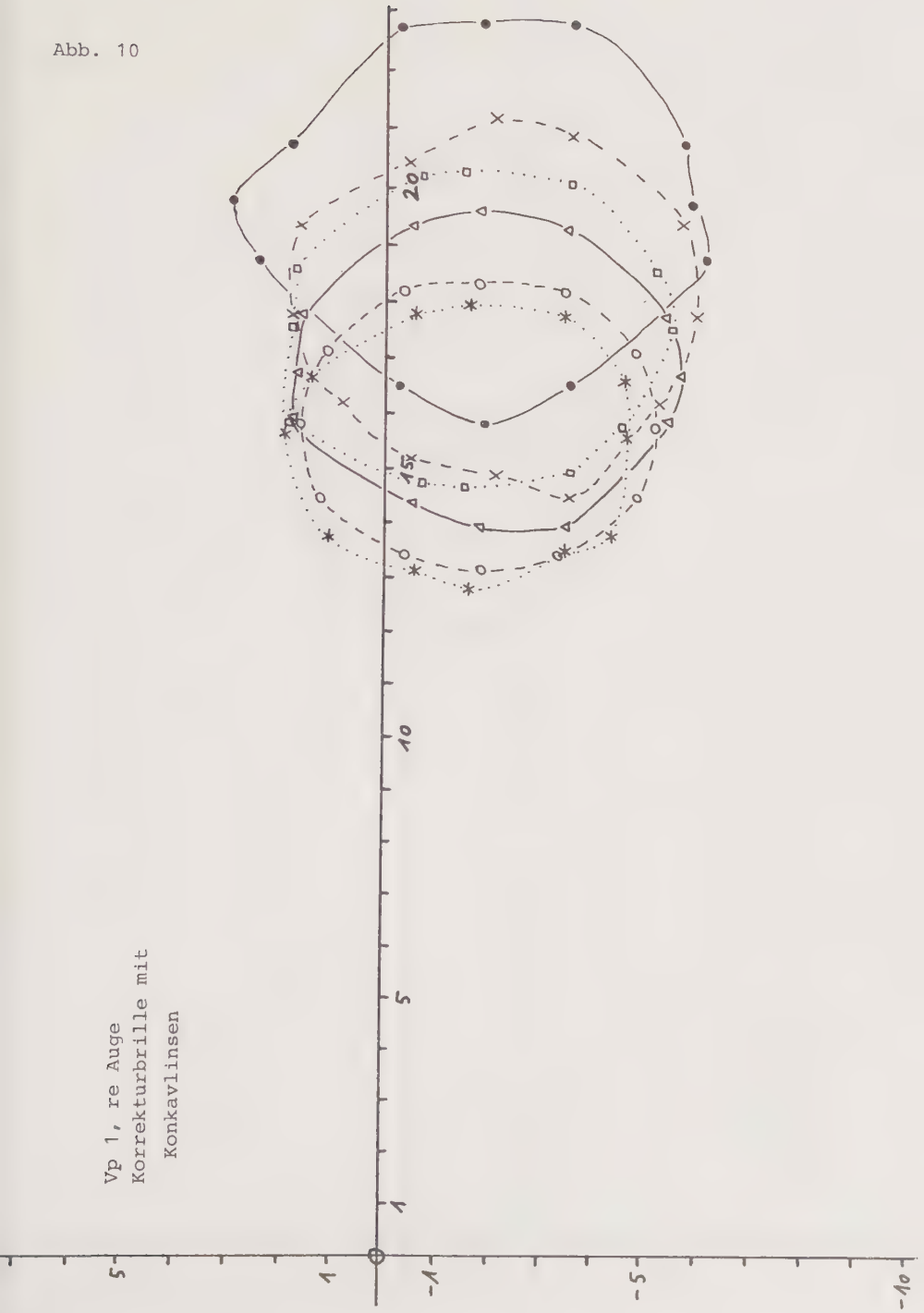

Vp 1, re Auge
Korrekturbrille mit
Konvexlinsen
5
1
0
-1
-5
1
5
10
15
20

Abb. 10



Vp 1, re Auge
Korrekturbrille mit
Konkavlinsen

Abb. 11

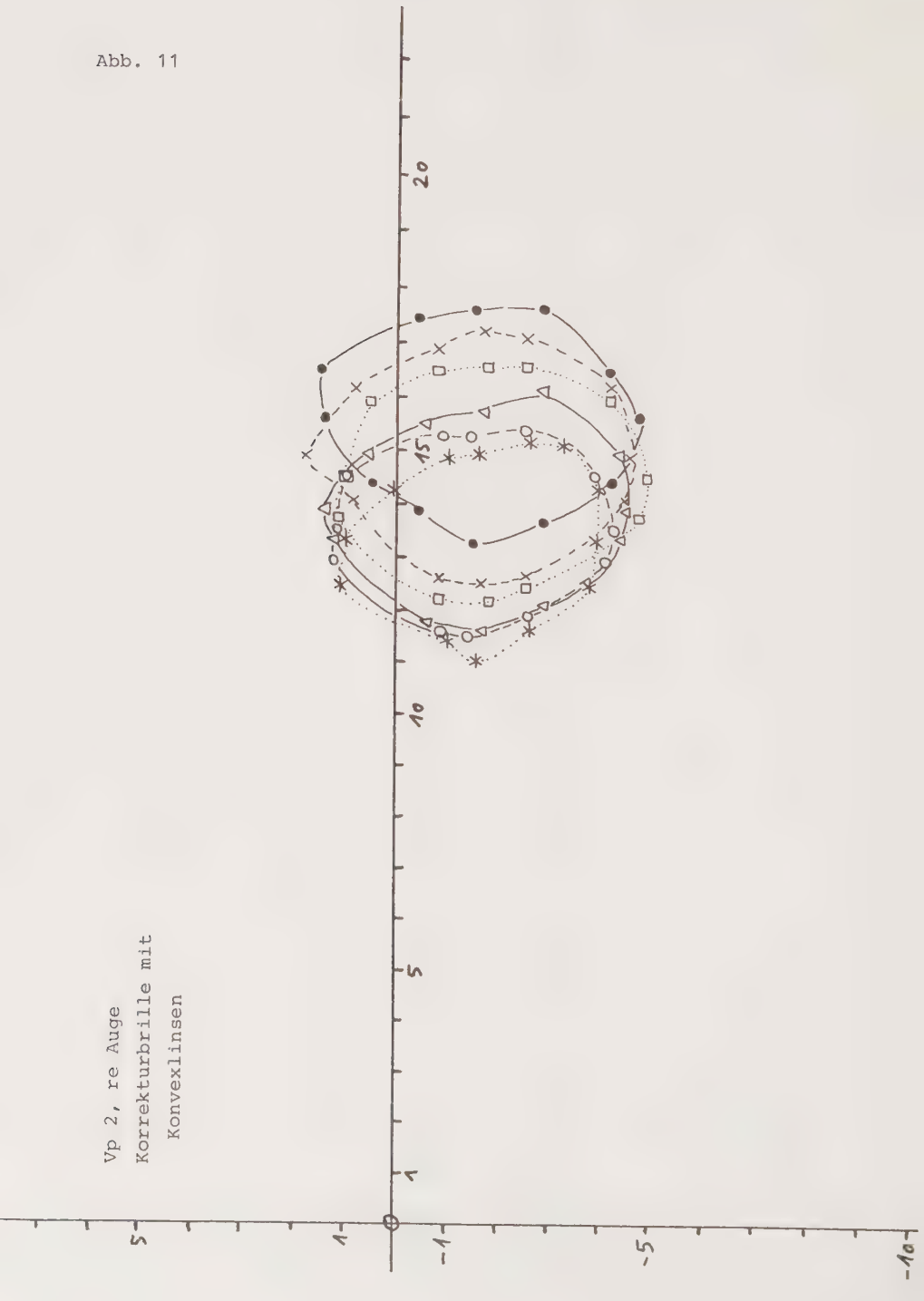

Vp 2, re Auge
Korrekturbrille mit
Konvexlinsen
5
1
-1
-5
-10
1
5
10
15
20

Abb. 12

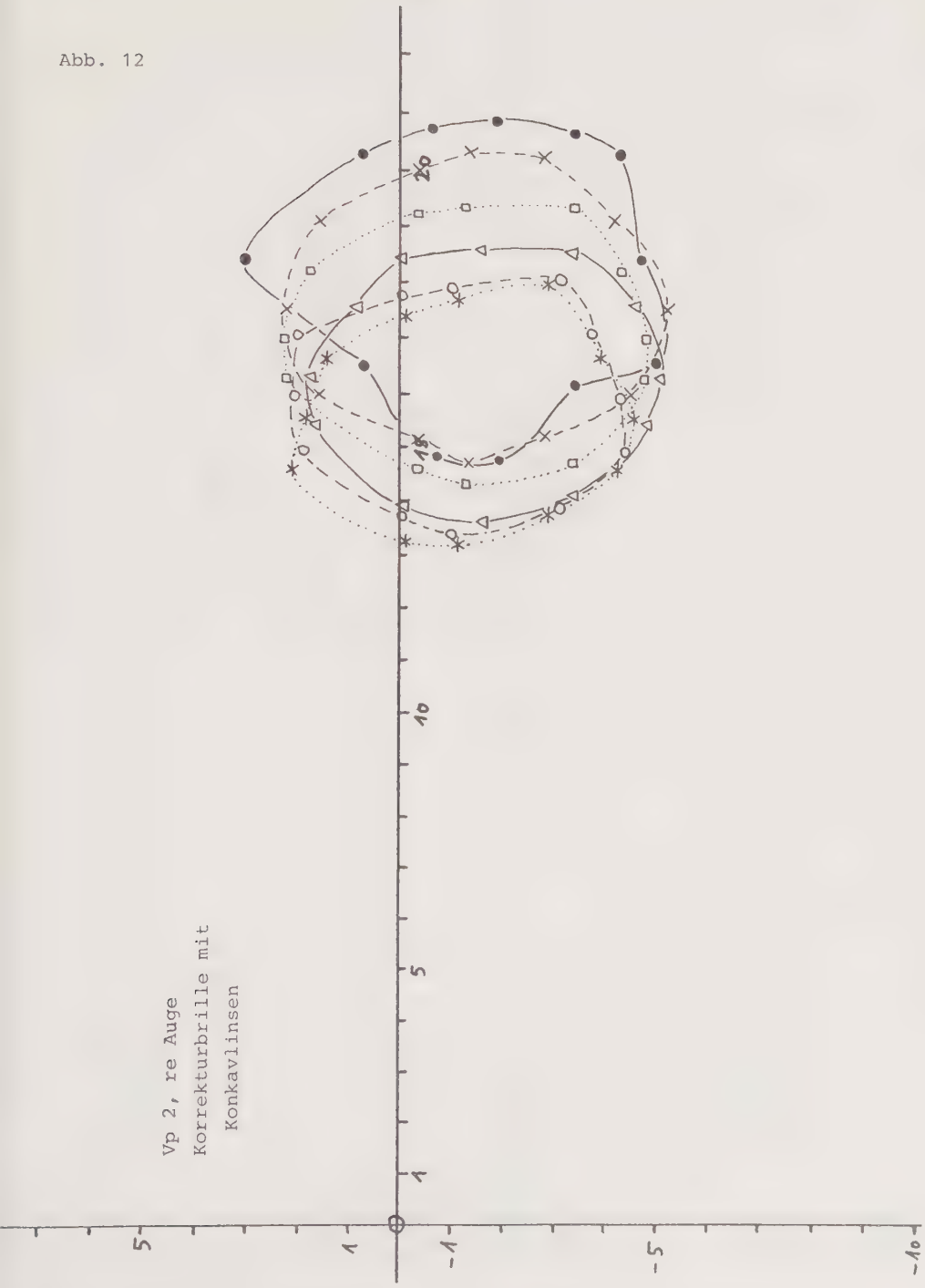
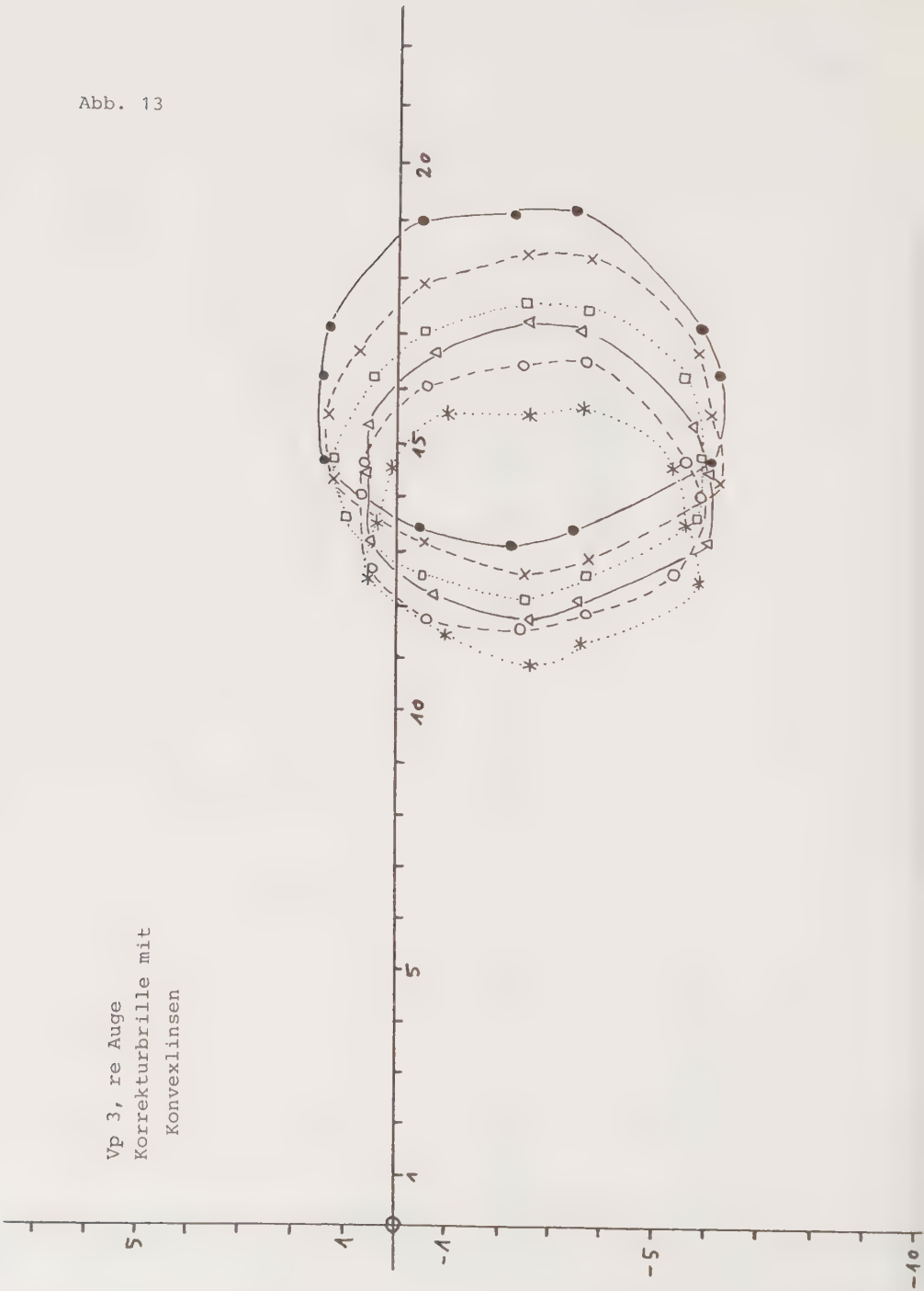
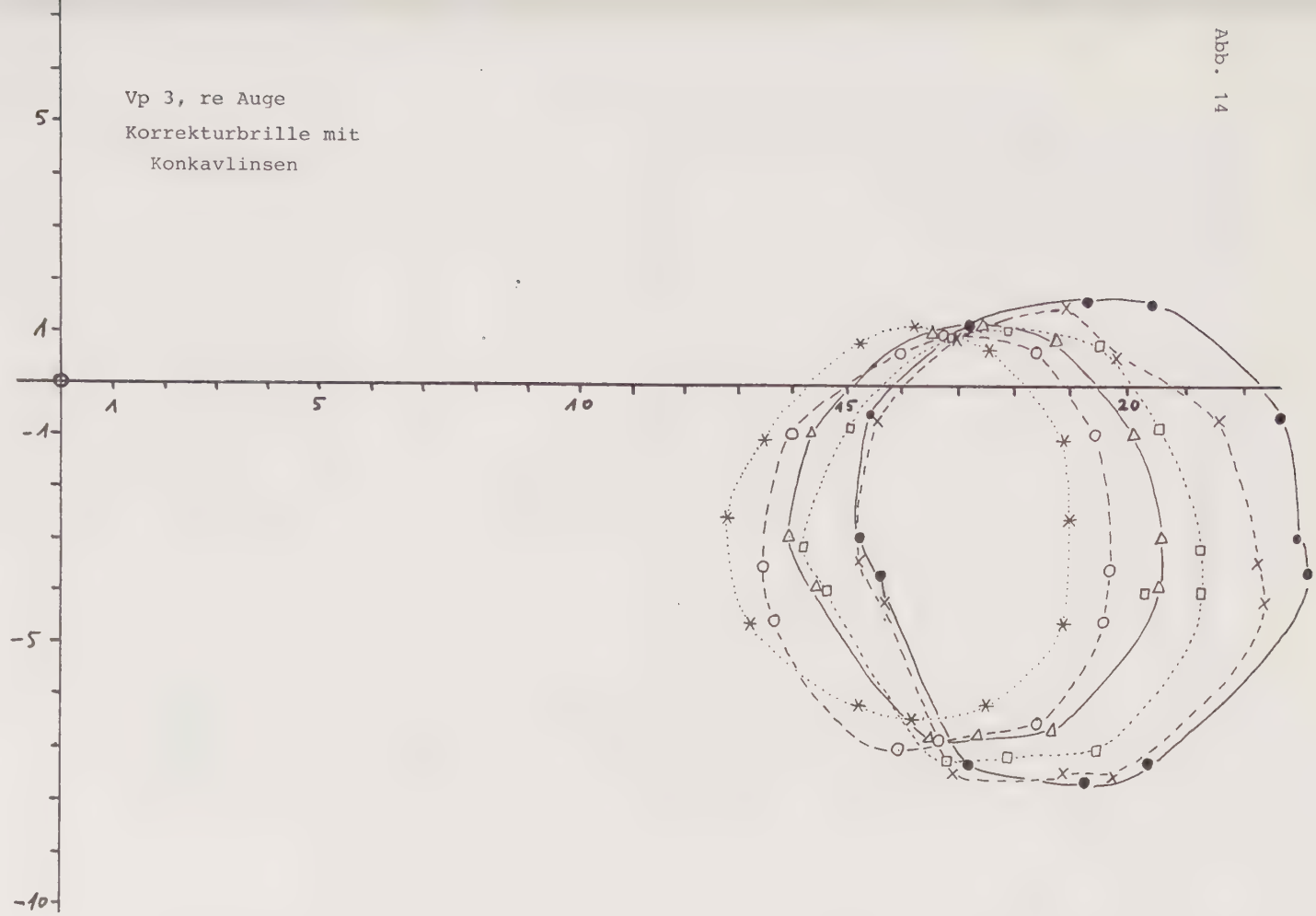

Vp 2, re Auge
Korrekturbrille mit
Konkavlinsen
5
1
-1
-5
-10
1
5
10
15
20

Abb. 13


Vp 3, re Auge
Korrekturbrille mit
Konvexlinsen
5
1
-1
-5
-10
1
5
10
15
20

Vp 3, re Auge
Korrekturbrille mit
Konkavlinsen



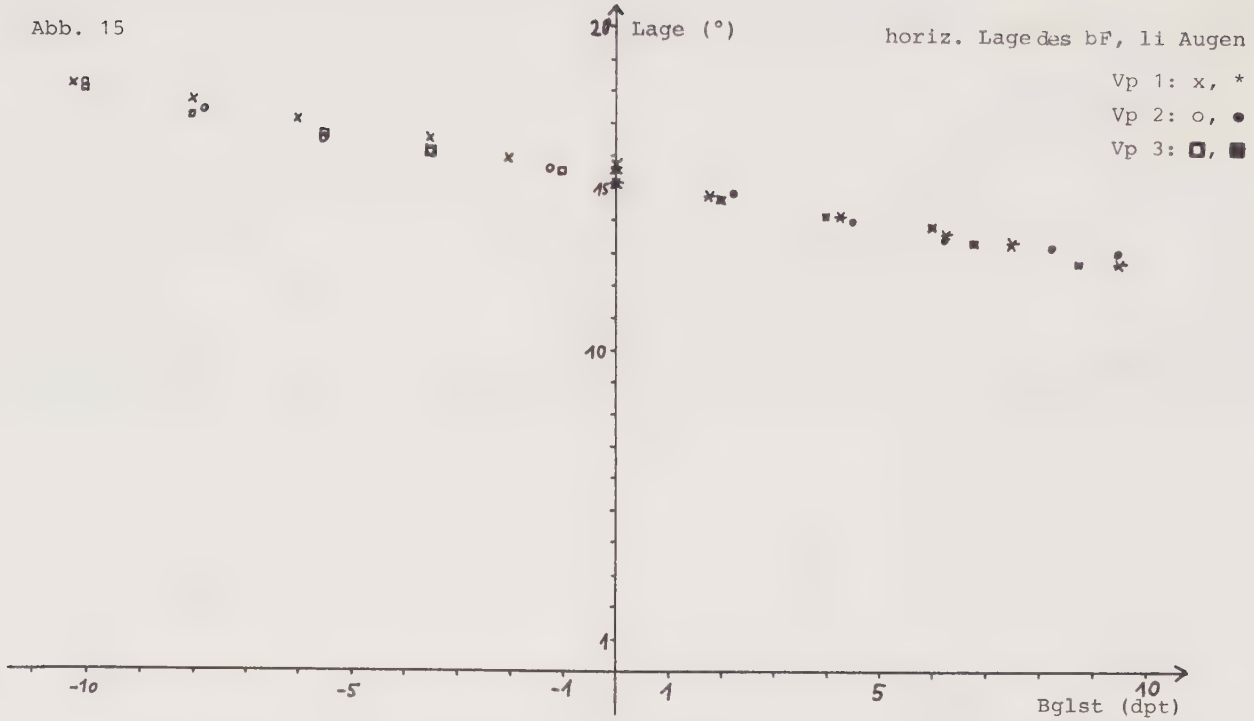
3.2. Die horizontale Lageverschiebung des blinden Fleckes

Aus den Abb. 3 - 14 ist deutlich ersichtlich, daß sich der blinde Fleck bei Korrektur mit konvexen Brillenlinsen auf der horizontalen Nullinie nach zentral - in Richtung auf den Fixationspunkt - verschob. Umgekehrt ergab sich bei der Korrektur mit konkaven Brillenlinsen eine Verschiebung des blinden Fleckes nach peripher - also vom Fixationspunkt weg. Das Ausmaß der Verschiebung war um so höher, je stärker die Brillengläser in Dioptrien gewählt werden mußten. In Abb. 15 ist die horizontale Lage des blinden Fleckes in Abhängigkeit von der Dioptrienstärke der Brillenlinse aufgetragen, und zwar jeweils für die linken Augen der Versuchspersonen, wobei die horizontale Lage mit Hilfe des vertikalen Durchmessers bestimmt wurde. Ebenfalls für die linken Augen wurde Abb. 16 angefertigt. In ihr wurde die Veränderung der horizontalen Lage des blinden Fleckes zur 0,0 dpt Lage in Abhängigkeit von der Dioptrienstärke der Brillenlinse aufgetragen.

Die Abb. 17 und 18, die für die rechten Augen angefertigt wurden, entsprechen den Abbildungen 15 und 16.

Aus diesen vier Abbildungen kann man erkennen, daß die Lageänderung nahezu proportional zur Änderung der Brillenglasstärke war; das heißt: Bei einer doppelt so starken Brille entfernte sich der blinde Fleck doppelt so weit von seinem Ausgangspunkt.

Abb. 15


Lage (°)
horiz. Lage des bF, li Augen
Vp 1: x, *
Vp 2: o, ●
Vp 3: □, ■
20
15
10
1
-10
-5
-1
1
5
10
Bglst (dpt)

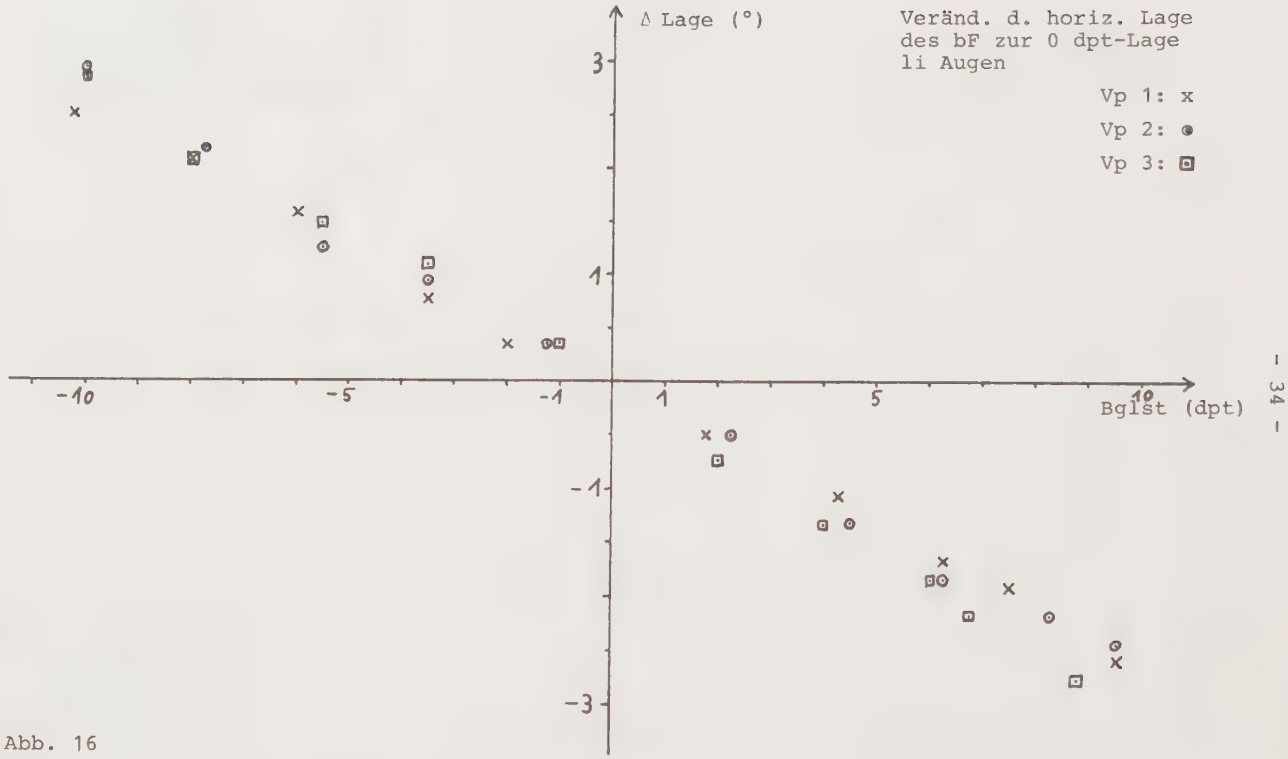
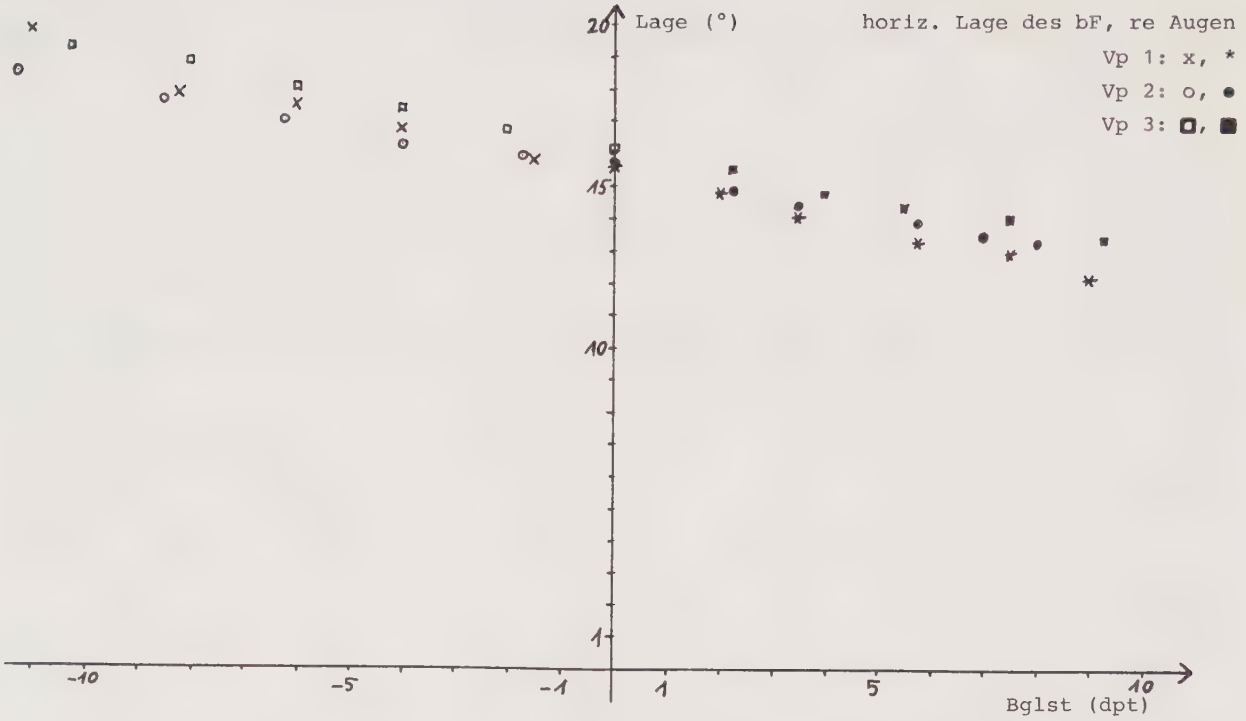

Δ Lage (°)
Veränd. d. horiz. Lage
des bF zur 0 dpt-Lage
li Augen
Vp 1: x
Vp 2: ●
Vp 3: ⊡
3
1
-1
-3
-10
-5
-1
1
5
10
Bglst (dpt)

Abb. 16

Abb. 17


Lage (°)
horiz. Lage des bF, re Augen
Vp 1: x, *
Vp 2: o, ●
Vp 3: □, ■
20
15
10
1
-10
-5
-1
1
5
10
Bglst (dpt)

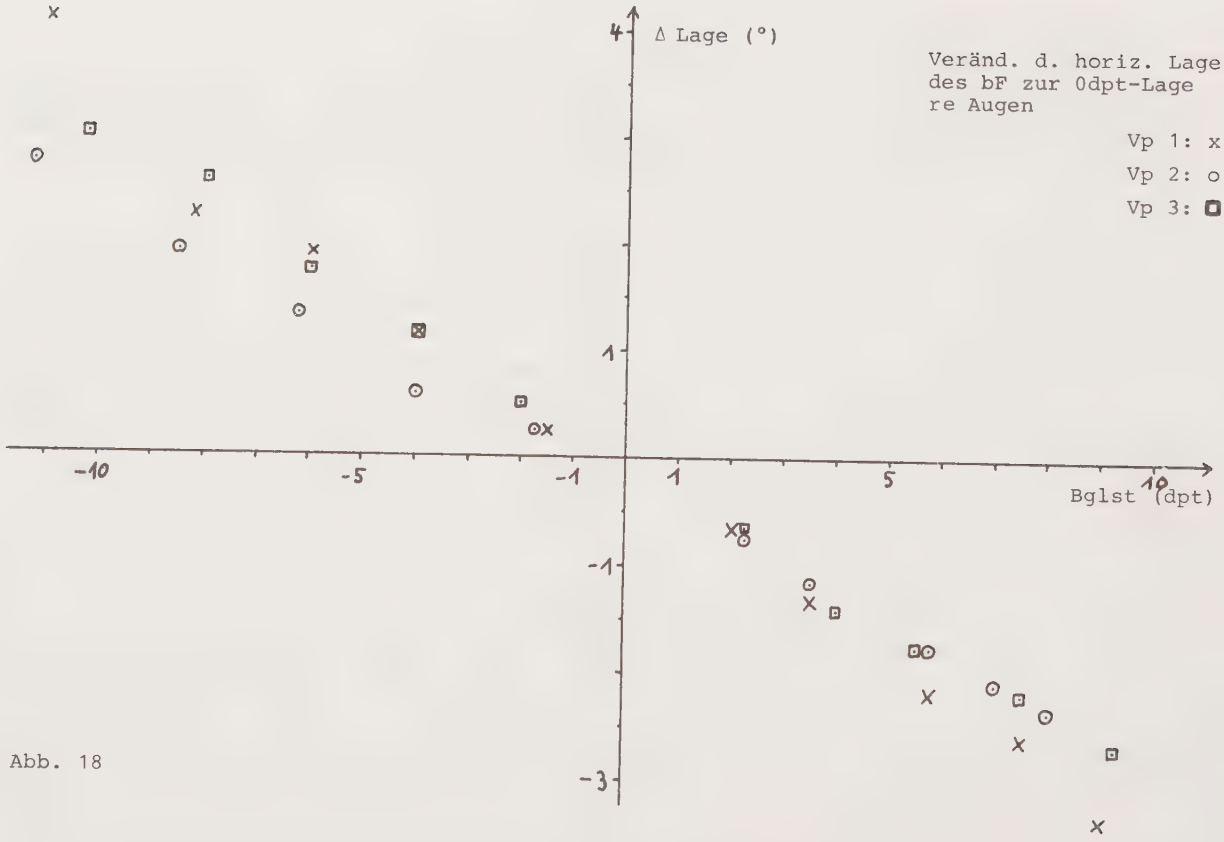

Δ Lage (°)
4
1
-1
-3
-10
-5
-1
1
5
10
Bglst (dpt)
Veränd. d. horiz. Lage des bF zur 0dpt-Lage re Augen
Vp 1: x
Vp 2: o
Vp 3: ◘

Abb. 18

Quantitativ ergibt sich für die horizontale Lageänderung je Dioptrie Brillenglasstärke aus den obigen Meßwerten als arithmetisches Mittel der Wert

$$\frac{\Delta \text{ Lage}}{1 \text{ dpt}} = 0{,}29° \text{ je dpt},$$

wobei ein positives Vorzeichen eine Lageänderung zum Fixationspunkt hin bedeutet.

3.3. Die vertikale Lageverschiebung des blinden Fleckes

Eine eindeutige Verschiebung des blinden Fleckes in vertikaler Richtung ist in den Abbildungen 3 - 14 nicht zu erkennen. Den Hauptgrund dafür findet man in der Lage des blinden Fleckes im Gesichtsfeld. Da die Abweichung von der horizontalen 0-Line sehr gering ist, ergeben sich bei Bildgrößenänderungen durch Linsen auch nur sehr geringe Lageänderungen in Bezug auf die horizontale 0-Linie.

Auf eine ausführliche Darstellung der vertikalen Lageänderung des blinden Flecks haben wir verzichtet, weil diese wegen ihrer niedrigen absoluten Werte sehr schwer zu erfassen ist. Auch ist bei einem Überblick über die Meßwerte in den Tabellen 1 a - f unschwer zu erkennen, daß auf Schaubildern kaum interpretierbare Punktwolken zustande kämen. Eine Erklärung dafür, daß überhaupt gewisse Verschiebungen zustande kommen, ist möglicherweise in der von RÖSSLER (1920) beschriebenen Extrarollung des Auges zu finden (siehe auch

4.1.d)).

3.4. Die Veränderung des horizontalen Durchmessers

Die qualitative Entwicklung des horizontalen Durchmessers läßt sich eindeutig aus den Abb. 3 - 14 entnehmen:

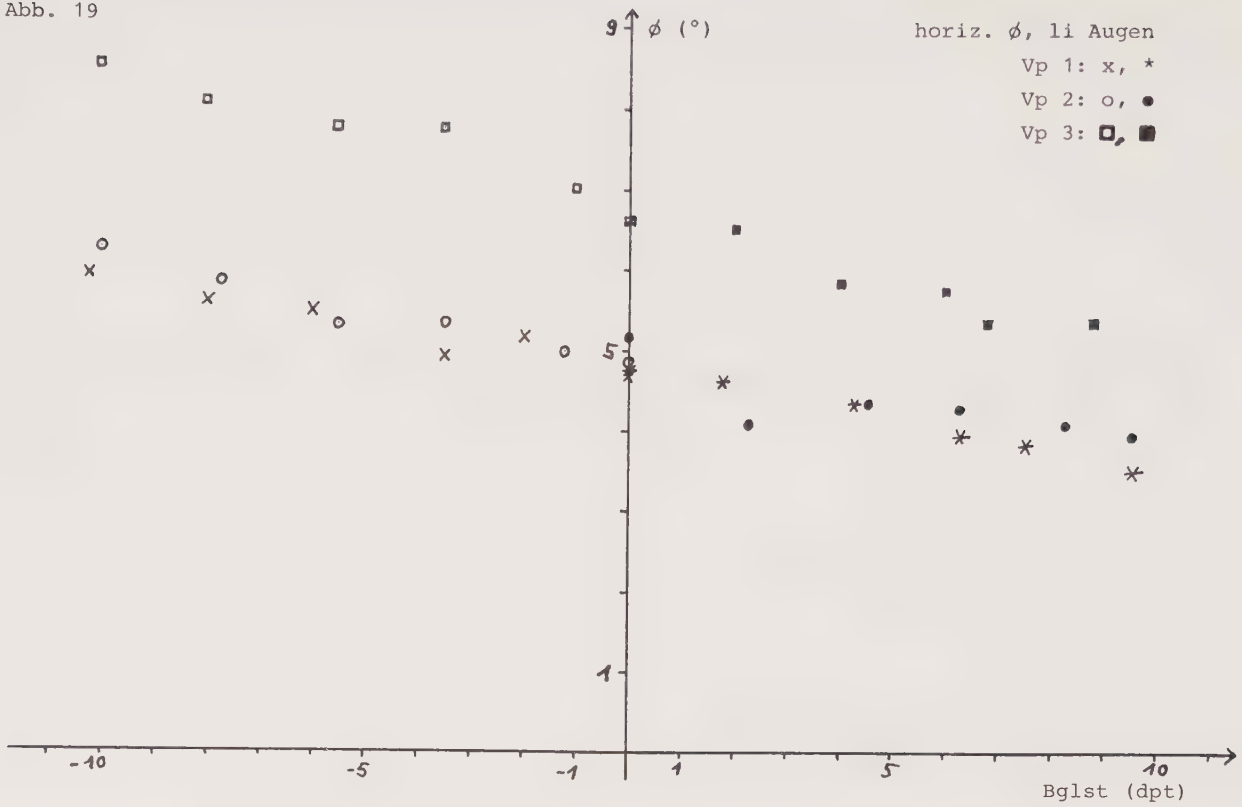
Bei Zunahme der Stärke von Brillen mit Konvexlinsen wird der Durchmesser immer kleiner und umgekehrt wird er immer größer, wenn die Stärke von Konkavlinsen zunimmt.

In Abb. 19 ist für die linken Augen die Größe des horizontalen Durchmessers in Abhängigkeit von der Brillenglasstärke in Dioptrien eingetragen. Man kann dieser Abbildung entnehmen, daß die Änderung des Durchmessers ungefähr einer linearen Funktion folgt. Das heißt: Bei doppelter Dioptrienänderung ist auch die Änderung des Durchmessers doppelt so groß.

Die Abb. 20 gibt für die linken Augen die Veränderung des horizontalen Durchmessers zum 0,0 dpt Durchmesser in Abhängigkeit von der Brillenglasstärke wieder. Die absolute Änderung ist aber nicht nur von der Brillenglasstärke abhängig, sondern auch noch vom Ausgangsdurchmesser des blinden Fleckes bei 0,0 dpt. Deshalb muß man die Änderung des Durchmessers zum Ausgangsdurchmesser in Beziehung setzen.

Die Abbildungen 21 und 22 entsprechen den Abbildungen 19 und 20 und sind für die rechten Augen angefertigt.

Abb. 19



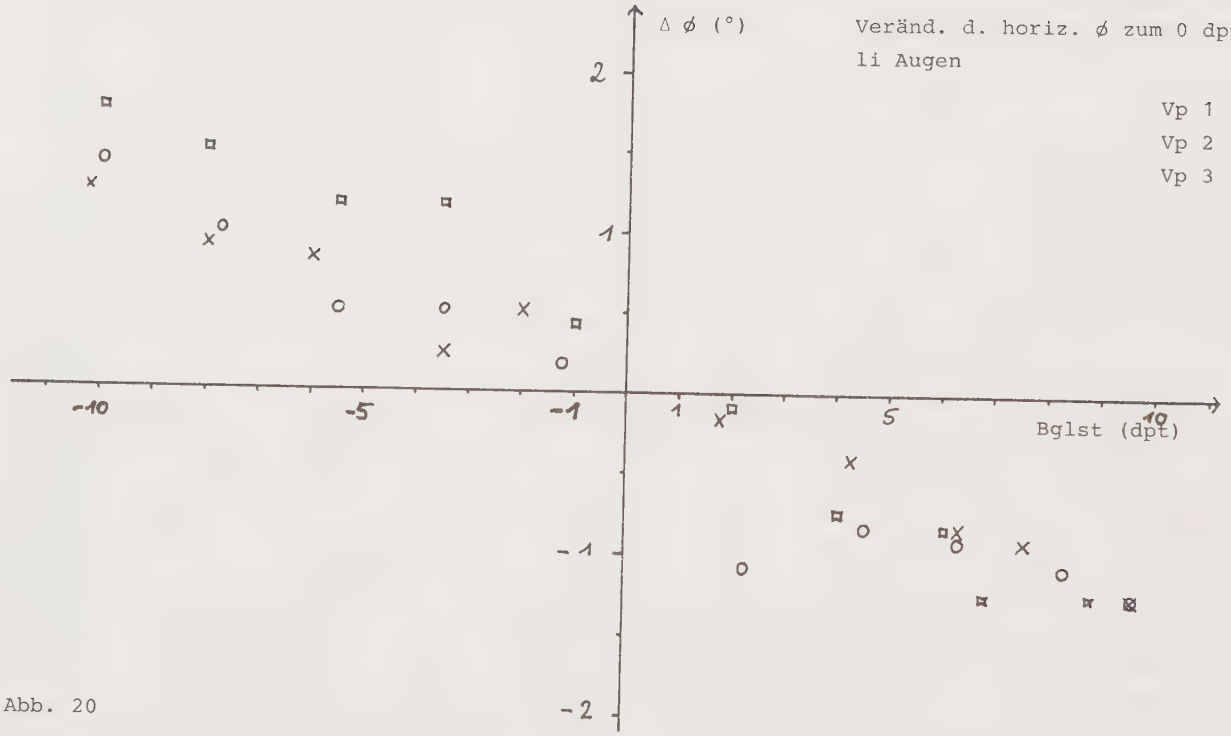
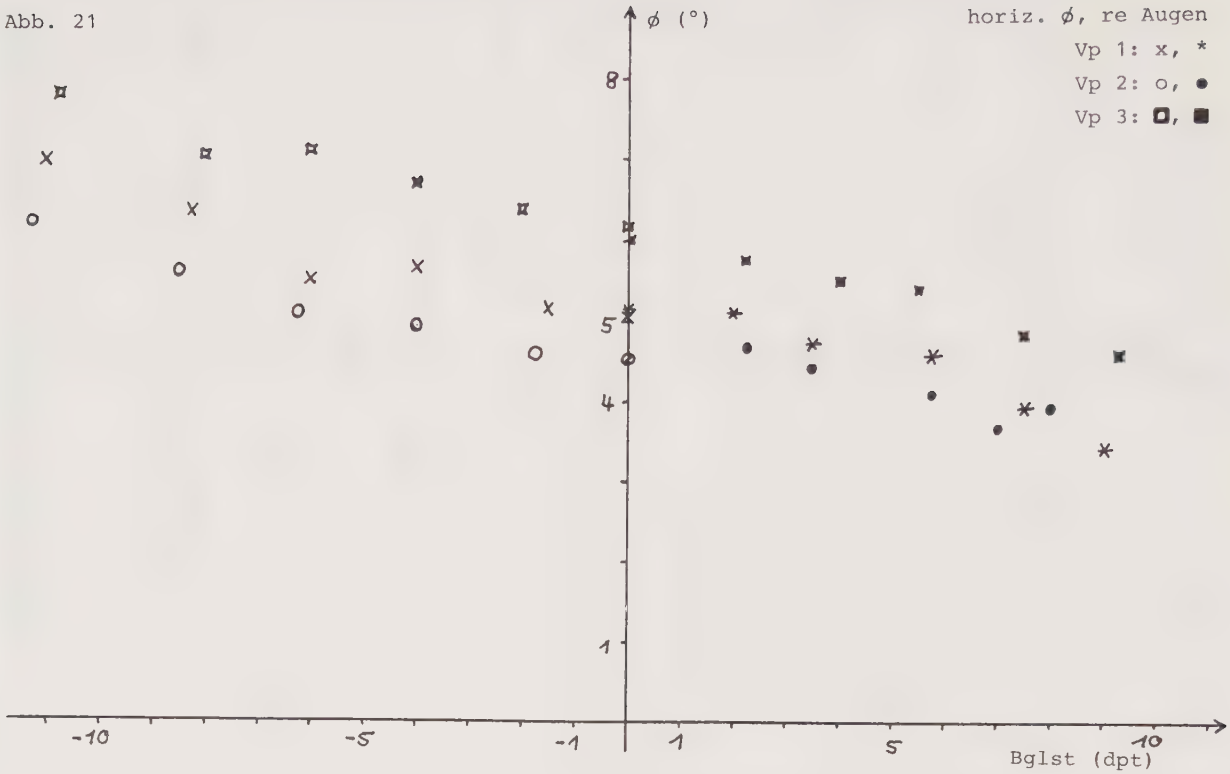

Δ ø (°)
Veränd. d. horiz. ø zum 0 dpt ø
li Augen
Vp 1 : x
Vp 2 : o
Vp 3 : □
2
1
-1
-2
-10
-5
-1
1
5
10
Bglst (dpt)

Abb. 20

Abb. 21



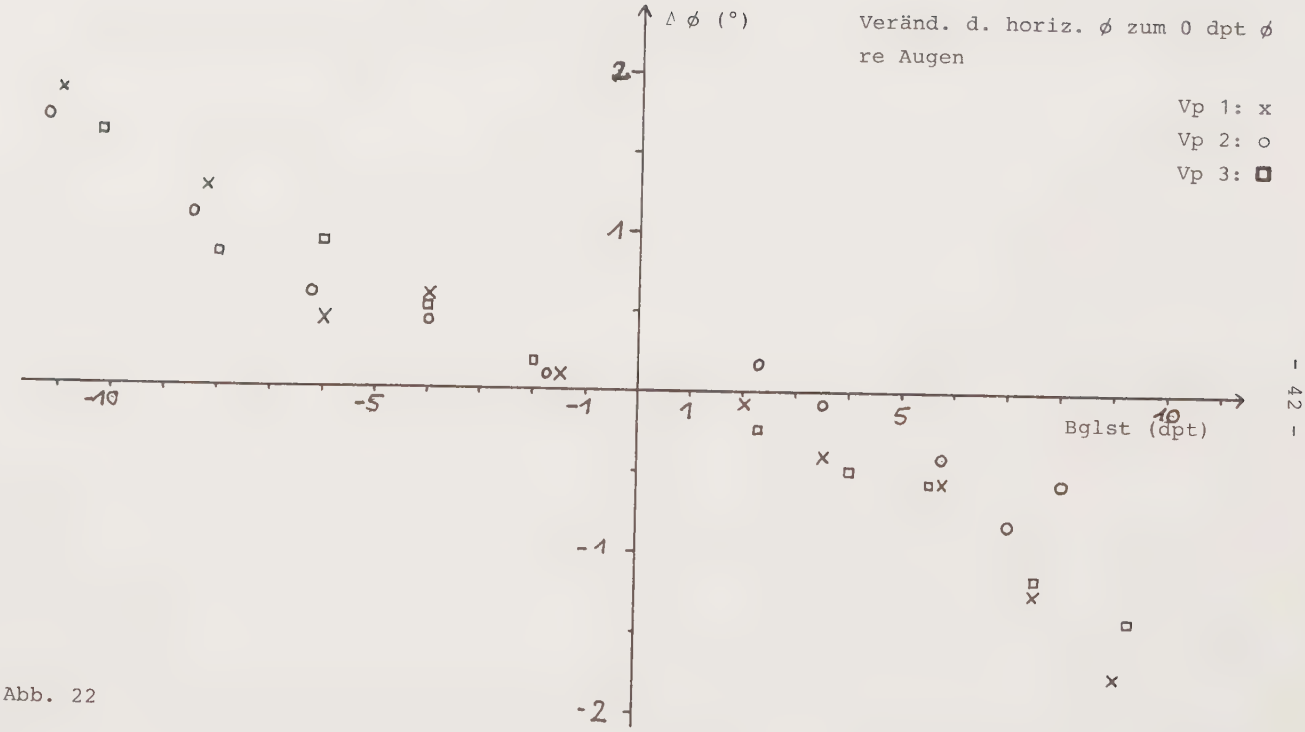

Δ ø (°)
Veränd. d. horiz. ø zum 0 dpt ø re Augen
Vp 1: x
Vp 2: o
Vp 3: □
2
1
-1
-2
-10
-5
-1
1
5
10
Bglst (dpt)

Abb. 22

Die arithmetischen Mittel der Messungen ergeben folgende Werte:

Versuchsauge	Änderung des horiz. ø in Grad je Dioptrie	Änderung des horiz. ø in Prozent je Dioptrie des ø bei 0 dpt
Vp 1, li A	0,124° je dpt	2,60 % je dpt
Vp 2, li A	0,148° je dpt	2,97 % je dpt
Vp 3, li A	0,183° je dpt	2,78 % je dpt
Vp 1, re A	0,141° je dpt	2,75 % je dpt
Vp 2, re A	0,095° je dpt	2,10 % je dpt
Vp 3, re A	0,135° je dpt	2,24 % je dpt

Daraus folgt:

Der horizontale Durchmesser hat sich im Durchschnitt um

2,57 % je Dioptrie

mit einer Standardabweichung von s = $\pm$ 0,34 % je dpt geändert; und zwar wird der horizontale Durchmesser bei zunehmender Stärke von Konvexgläsern im Mittel um diesen Prozentsatz kleiner und bei zunehmender Stärke von Konkavgläsern größer.

3.5. Die Veränderung des vertikalen Durchmessers

Prinzipiell gilt für die Veränderung der Größe des vertikalen

Durchmessers dasselbe wie unter 3.4.. Die entsprechenden Schaubilder sind die Abbildungen 3 - 14 und die Abbildungen 23 - 26.

Quantitativ ergeben sich für die arithmetischen Mittel folgende Werte:

Versuchsauge	Änderung des vertik. ø in Grad je Dioptrie	Änderung des verti. ø in Prozent je Dioptrie des ø bei 0 dpt
Vp 1, li A	0,148° je dpt	2,31 % je dpt
Vp 2, li A	0,148° je dpt	2,20 % je dpt
Vp 3, li A	0,180° je dpt	2,26 % je dpt
Vp 1, re A	0,167° je dpt	2,56 % je dpt
Vp 2, re A	0,112° je dpt	1,79 % je dpt
Vp 3, re A	0,145° je dpt	1,93 % je dpt

Daraus folgt:

Der vertikale Durchmesser hat sich im Durchschnitt um

2,17 % je Dioptrie

mit einer Standardabweichung von s = $\pm$ 0,28 % je dpt geändert, und zwar gleichsinnig mit dem horizontalen Durchmesser.

Hierbei ist bemerkenswert, daß die Änderung des vertikalen Durchmessers in Prozent je Dioptrie beträchtlich geringer ist als die Änderung des horizontalen Durchmessers. Diese

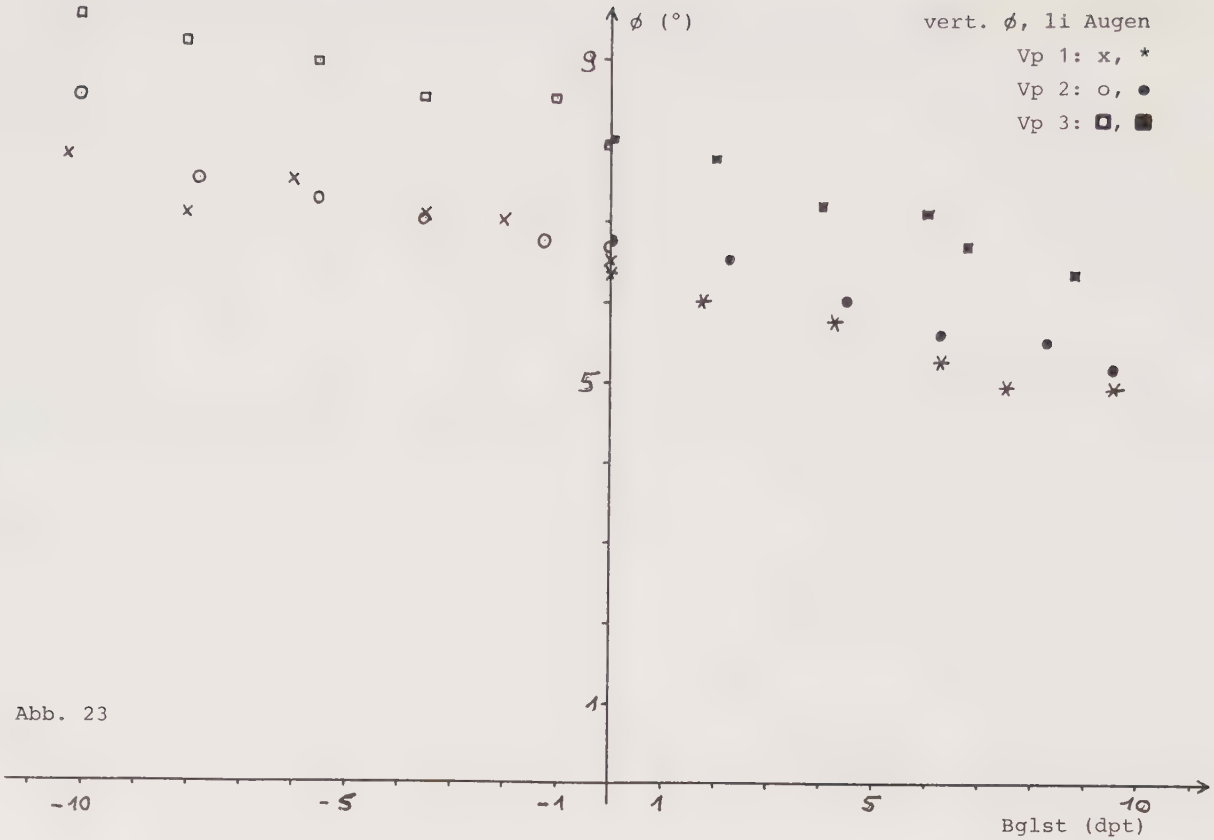


Abb. 23

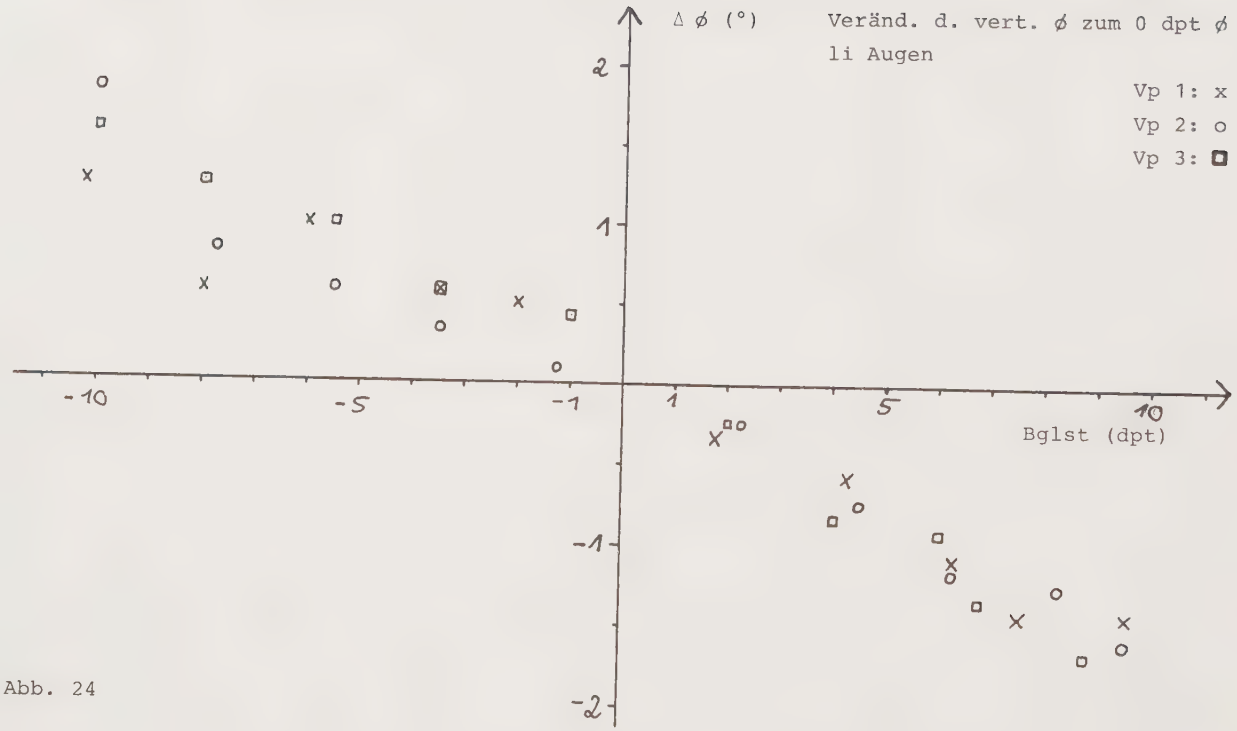

Δ ϕ (°)
Veränd. d. vert. ϕ zum 0 dpt ϕ li Augen
Vp 1: x
Vp 2: o
Vp 3: ▫
2
1
-1
-2
-10
-5
-1
1
5
10
Bglst (dpt)

Abb. 24

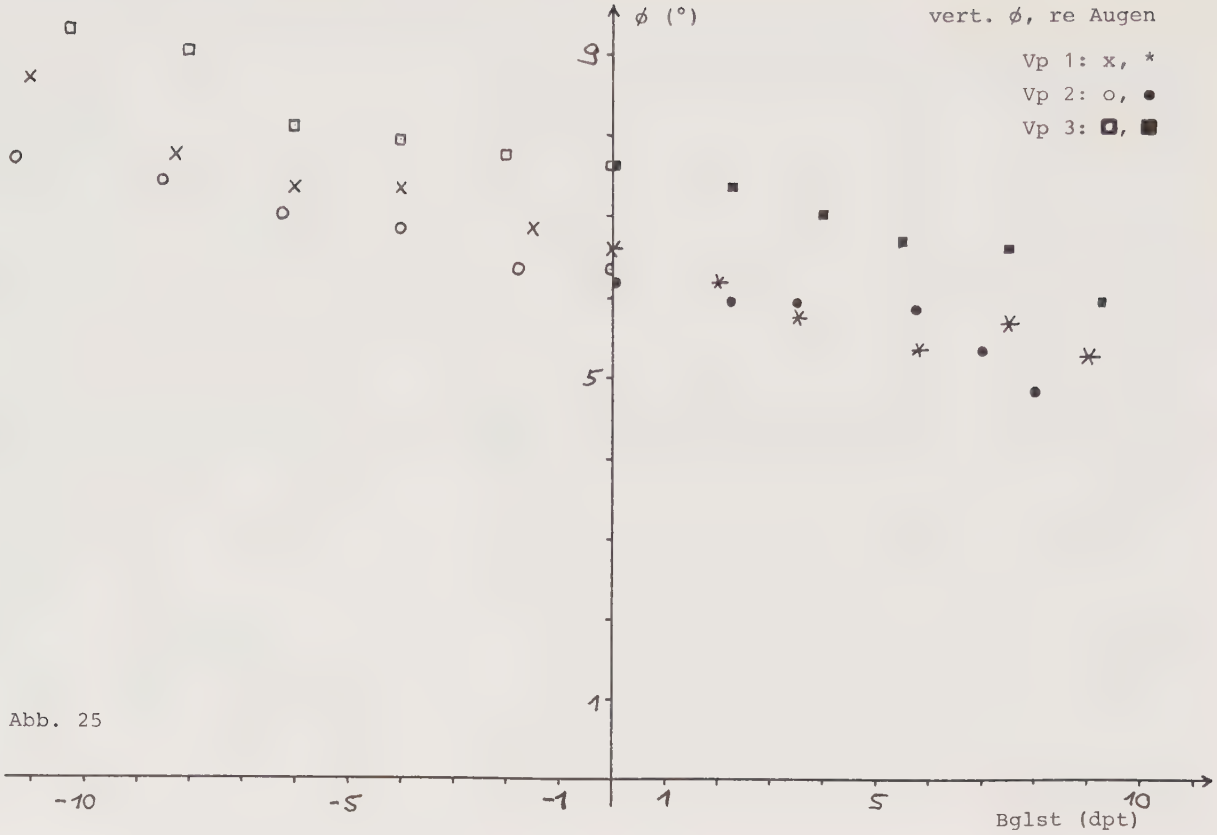


Abb. 25

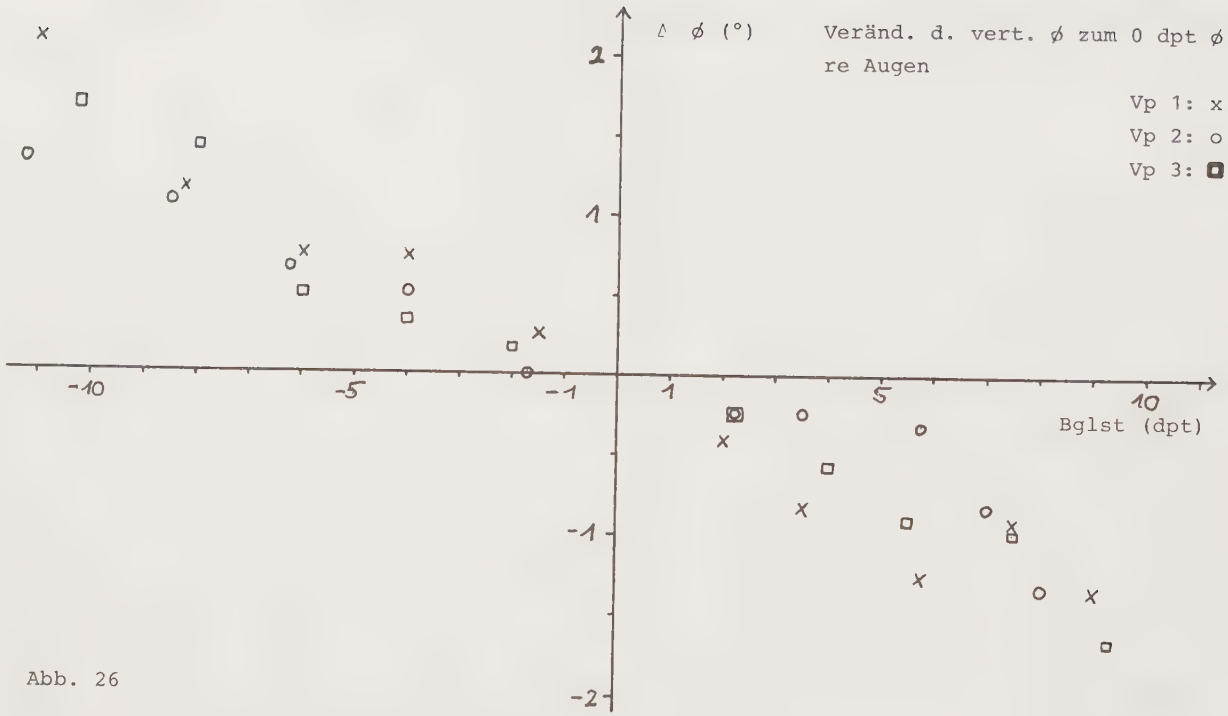

Δ ø (°)
Veränd. d. vert. ø zum 0 dpt ø re Augen
Vp 1: x
Vp 2: o
Vp 3: ◘
2
1
-1
-2
-10
-5
-1
1
5
10
Bglst (dpt)

Abb. 26

Differenz läßt sich aber nicht durch den von uns verwendeten Tangensmaßstab erklären. Es ist vielmehr anzunehmen, daß mit zunehmendem Abstand vom Nullpunkt durch unser Linsensystem eine Verzerrung des Strahlengangs in horizontaler Richtung stattfindet, welche für diese Differenz verantwortlich ist.

3.6. Die Bestimmungsmethode nach GERNET, OSTHOLT und WERNER

WERNER, GERNET, OSTHOLT und NEUSER veröffentlichen 1974 Formeln zur Berechnung der optischen Größen, die bei den mit Brillen und Haftschalen korrigierten Augen auftreten. GERNET, OSTHOLT und WERNER lieferten in "Intraokulare Optik in Klinik und Praxis" (1978) praktische Anweisungen zum Umgang mit diesen Formeln. Zusätzlich findet man auf Seite sechs dieses Buches noch den Hinweis, daß Plusgläser eine Eigenvergrößerung haben, welche mit steigender Linsenstärke zunimmt; Minusgläser dagegen hätten keine ins Gewicht fallende Eigenvergrößerung (Seite 7).

Auf Seite 2 dieses Buches steht ferner, daß die Brennweite direkt proportional zur Netzhautbildgröße ist. Deshalb ist die Berechnung der Brennweite der ideale Vergleichswert zu unseren Messungen. Bei der Umrechnung von Brennweitenverhältnissen auf Verhältnisse, die bei Änderungen der Größe des blinden Fleckes auftreten muß nur folgendes berücksichtigt werden:

Eine Vergrößerung der Brennweite -und damit auch der Netzhautbildgröße - bedeutet eine Verkleinerung des blinden

Fleckes; wobei durch eine Vergrößerung der Brennweite auf das Doppelte der blinde Fleck auf die Hälfte der Ausgangsgröße schrumpfen würde.

$$\text{Es gilt} \quad \frac{\text{Brennweite eins}}{\text{Brennweite zwei}} = \frac{\text{Größe des bF zwei}}{\text{Größe des bF eins}}$$

Weiterhin ist zu beachten, daß GERNET, WERNER, OSTHOLT aus einer theoretischen Formel ihre Vergrößerungsfaktoren errechnen, während wir auf Grund von Meßwerten auf unseren Vergrößerungsfaktor schließen. Um nun einen Vergleich zwischen der Methode von GERNET, WERNER, OSTHOLT und der unseren ziehen zu können, haben wir aus unseren Messungen willkürlich Brillengläser - Kontaktlinsen Kombinationen herausgegriffen und die rechnerischen Werte für die Durchmesser in Prozent der Ausgangsdurchmesser ermittelt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 wiedergegeben:

- In Zeile 1 und 2 die Dioptrienstärken der Brillengläser bzw. Kontaktlinsen.

- In Zeile 3 der Durchmesser des blinden Fleckes in Prozent des Ausgangsdurchmessers, wie er sich nach der Methode von GERNET errechnet.

- In Zeile 4 der horizontale Durchmesser des blinden Fleckes in Prozent des Ausgangsdurchmessers nach unserer Methode.

- In Zeile 5 der vertikale Durchmesser des blinden Fleckes

Tabelle 2

	Vp 1		Vp 2		Vp 3	
	li A	re A	li A	re A	li A	re A
1. Brillenglasstärke (dpt)	+ 6,25	+ 2,00	+ 8,25	+ 7,00	+ 4,00	+ 9,25
2. Kontaktlinsenstärke (dpt)	- 6,00	- 2,00	- 8,00	- 8,00	- 4,00	- 10,00
3. ø des bF in % des Ausgangs-ø nach GERNET	87,43	96,16	82,88	86,18	92,28	80,69
4. Horiz. ø des bF in % des Ausgangs-ø nach unserer Methode	83,94	94,86	78,80	82,01	89,72	76,23
5. Vert. ø des bF in % des Ausgangs-ø nach unserer Methode	86,44	95,66	82,10	84,81	91,32	79,93
6. Brillenglasstärke (dpt)	- 8,00	- 4,00	- 10,00	- 1,75	- 5,50	- 10,25
7. Kontaktlinsenstärke (dpt)	+ 8,00	+ 4,00	+ 10,00	+ 2,00	+ 6,00	+ 10,00
8. ø des bF in % des Ausgangs-ø nach GERNET	110,65	105,47	113,29	102,28	107,54	113,52
9. Horiz. ø des bF in % des Ausgangs-ø nach unserer Methode	120,56	110,28	125,70	104,50	114,13	126,34
10. Vert. ø des bF in % des Ausgangs-ø nach unserer Methode	117,36	108,68	121,70	103,80	111,94	122,24

in Prozent des Ausgangsdurchmessers nach unserer Methode.

- in Zeile 6 - 10 steht inhaltlich dasselbe wie in 1 - 5, nur für andere Meßergebnisse ermittelt.

Zu den Berechnungen nach der Methode von GERNET wäre noch anzumerken, daß wir die errechnete Brennweite nicht mit der statistisch ermittelten Durchschnittsbrennweite von 21,6 mm ins Verhältnis setzten,wie es GERNET vorschlägt. Wir hingegen errechneten die Ausgangsbrennweite für Brillen- und Kontaktlinsenstärke gleich null jeweils extra für jedes Auge, da eine Vergrößerung oder Verkleinerung ja nur in Bezug auf den tatsächlichen Ausgangsdurchmesser ermittelt werden kann.

Aus Tabelle 2 ist nun folgendes ersichtlich:

1. Bei konvexen Brillenlinsen besteht eine hohe Übereinstimmung zwischen GERNETS und unserer Methode in Bezug auf den vertikalen Durchmesser des blinden Fleckes.

2. In Bezug auf den horizontalen Durchmesser ist die Übereinstimmung wesentlich schlechter, da wir verschieden starke Änderungen für den horizontalen und vertikalen Durchmesser errechnet haben (siehe 3.4. und 3.5).

3. Bei konkaven Brillenlinsen kann von einer Übereinstimmung nur noch in qualitativer Hinsicht gesprochen werden, weil unsere Änderungen eineinhalb bis zweimal so groß sind,

je nachdem,ob man den vertikalen oder horizontalen Durchmesser vergleicht.

Da unsere Messungen - wie unter 4.1. gezeigt wird - sehr genau sind, wäre hier zu diskutieren, ob GERNET in seine Berechnungen für Konkavlinsen nicht doch auch einen Faktor aufnehmen müßte, wie er es bei konvexen Linsen tut.

4. Diskussion der Ergebnisse

4.1. Gültigkeit der Ergebnisse

Die Genauigkeit der Ergebnisse kann theoretisch vor allem durch folgende Punkte eingeschränkt werden:

a) Ungenauigkeiten, die durch die Methode der kinetischen Perimetrie bedingt sind.

Bei unserer Methode der perimetrischen Untersuchung des blinden Fleckes konnte eine Verlagerung der Grenze des blinden Fleckes nach außen vorkommen, die durch die Reaktionszeiten des Probanden und des projektorführenden Untersuchers bedingt waren. Dieser Fehler wurde aber durch zwei Faktoren sehr klein gehalten. Zum einen bewegte der Untersucher den Prüfpunkt nur sehr langsam vorwärts (Geschw. v = 10 Winkelminuten je Minute), und zum anderen war durch die Anzahl von nur drei Probanden und dem daraus resultierenden guten Trainingseffekt eine sehr hohe Konstanz der Aussagen gewährt, welche durch die von uns praktizierte Doppelbstimmung unterstrichten wird.

b) Ungenauigkeiten, die durch die Größe der Gesichtsfeldformulare bedingt sind.

Bei der Größe unseres Abbildungsmaßstabes spielte die Größe der Gesichtsfeldformulare praktisch keine Rolle, da es möglich gewesen wäre, die Maße auf die Bogenminute genau anzugeben. Dies haben wir aber wegen der Größe unseres Meßfehlers unterlassen.

c) Seitliches Neigen des Kopfes

Obwohl die Untersucher während des Versuchs die Probanden genau kontrollierten, war ein ganz geringes seitliches Neigen des Kopfes nicht ganz auszuschließen, da der Kopf des Probanden durch die Kinn- Stirnstütze am Perimeter nicht fest fixiert werden konnte.

d) Extrarollung des Auges

Bei der Extrarollung handelt es sich um eine Drehung des Auges um die Blicklinie als Achse. Das bedeutet, daß sich der blinde Fleck dabei im wesentlichen in der Senkrechten bewegt, denn es handelt sich fast ausschließlich um Abweichungen von nur einigen Winkelgraden.

RÖSSLER (1920) hat die Extrarollung bei mehreren Versuchspersonen anhand der Lageveränderung des blinden Fleckes im Perimeter mit einem Beissbrett, das ein seitliches Neigen

des Kopfes verhindert, untersucht und dabei festgestellt:

1. Bei einer seitlichen Kopfneigung wird diese um ca. 1/5 der Neigung durch Gegenrollung des Auges kompensiert.

2. Bei ruhiger Kopfhaltung finden Spontanrollungen bis ca. 3° statt, die allerdings erst nach mehreren Minuten auftreten und dann evtl. wieder verschwinden.

Zu 1.) Aufgrund dieses Ergebnisses von RÖSSLER ist unsere in c) erwähnte Fehlermöglichkeit etwas verkleinert.

Zu 2.) Spontanrollungen bis zu 3° traten bei unseren Versuchen sicherlich nicht auf, da die Bestimmung eines blinden Fleckes höchstens 2 - 3 Minuten in Anspruch nahm.

Kleinere Extrarollungen sind aber wahrscheinlich dafür verantwortlich, daß wir keine Gesetzmäßigkeit für die Veränderung der vertikalen Lage des blinden Fleckes finden konnten.

Trotz der oben genannten Fehlermöglichkeiten war es uns aber möglich, den Meßfehler auf $\pm$ drei Winkelminuten zu beschränken. Wobei wir diese Tatsache vor allem unserem großen Abbildungsmaßstab zu verdanken haben.

Sowohl die Gleichförmigkeit unserer Ergebnisse, als auch der geringe Meßfehler beweisen, daß die oben

angeführten Fehlerquellen keine große Bedeutung haben können.

4.2. Deutung der Ergebnisse

Mit Hilfe der von WERNER, GERNET, OSTHOLT und NEUSER auf theoretischem Wege ermittelten Formeln kann man die Bildgrößenänderung für jede beliebige Kombination Brillenglas - Kontaktlinse berechnen. Unter Berücksichtigung des Korrekturfaktors der Eigenvergrößerung von Plusgläsern sind diese theoretischen Werte für konvexe Brillenlinsen praktisch identisch mit der von uns gefundenen prozentualen Änderung je Dioptrie Brillenglasstärke, die wir für den vertikalen Durchmesser empirisch ermittelt haben. Die Übereinstimmung beim horizontalen Durchmesser ist geringer, da unser empirischer Änderungsfaktor in Prozent je Dioptrie für den horizontalen Durchmesser größer ist als für den vertikalen Durchmesser. Für diese Größendifferenz ist wahrscheinlich eine durch den zunehmenden Abstand vom Nullpunkt bedingte Verzerrung des Strahlenganges verantwortlich.

Für konkave Brillengläser besteht zwischen unseren empirischen Werten und den theoretischen Werten der oben genannten Autoren keine Übereinstimmung mehr. Die Änderungen unserer Messungen waren durchweg wesentlich größer. Da aber unsere Meßgenauigkeit - wie unter 4.1. angeführt - sehr hoch war, vermuten wir, daß die theoretischen Formeln für konkave Brillengläser eines Korrekturfaktors bedürfen.

Die theoretischen Formeln von GERNET dienen vornehmlich dem Zweck, genaue Aussagen über ungleiche Bildgrößen beider Augen, die durch optische Systeme bedingt sind, zu treffen. Desweiteren verwendet GERNET sie dann zur Berechnung von Kontaktlinsen - Brillengläser Kombinationen, mit denen verträgliches binokulares Sehen ermöglicht werden soll.

Wenn man von der allgemein vertretenen Annahme ausgeht, daß der Netzhautbildgrößenunterschied beider Augen für gutes Binokularsehen nicht mehr als 5 % betragen soll, so ergibt sich aus unseren Messungen folgendes:

Für Augen mit normaler axialer Augapfellänge muß mit einem Netzhautbildgrößenunterschied beider Augen von mehr als 5 % bei einer Differenz der Brillenglasstärke von mehr als 2,5 Dioptrien gerechnet werden.

Ein weiteres Problem, das in diesem Rahmen erörtert werden muß, ist die Größen- und Lageänderung von pathologischen organischen Skotomen - zum Beispiel bei chorioretinitischen Narben und beim Glaukom -, die bei Refraktionsänderungen entstehen. Hier muß man vor allem die Kataraktoperation erwähnen und die zunehmende Linsentrübung mit entsprechender Myopisierung durch Änderung des Brechungsindexes der trüben Linse.

Um etwas darüber aussagen zu können, muß man zuerst die Lage des blinden Fleckes in Bezug auf das Gesichtsfeld ver-

allgemeinert beschreiben. Und zwar befindet sich der horizontale Durchmesser des blinden Fleckes praktisch auf dem 0° Meridian, und der vertikale Durchmesser steht senkrecht auf diesem Meridian, denn die Abweichungen des horizontalen Durchmessers vom 0° Meridian sind so minimal, daß sie vernachlässigt werden können.

Als Größenänderung eines organisch bedingten Skotoms sind nach unseren Messungen also zu erwarten:

Der Durchmesser, der auf einem Meridian liegt, wird sich um 2,57 % je dpt ändern, und zwar

wird er zunehmen bei Konkavbrillengläsern
und abnehmen bei Konvexbrillengläsern.

Der Durchmesser, der senkrecht zu einem Meridian steht, wird sich um 2,17 %/dpt ändern, und zwar gleichsinnig mit dem horizontalen Durchmesser.

Die Lage des organisch bedingten Skotoms wird sich 1,81 %/dpt in Bezug auf die Ausgangslage ändern, und zwar

bei Konkavbrillengläsern nach peripher
und
bei Konvexbrillengläsern nach zentral.

Diese Änderungen bedeuten für einen Patienten zugleich Vor- und Nachteil.

Bei Konvexlinsen besteht der Vorteil darin, daß das Skotom kleiner wird. Dafür rückt es aber gleichzeitig mehr ins Gesichtsfeldzentrum, wo es stärker stört.

Bei Konkavlinsen ist der Effekt genau umgekehrt. Das Skotom wird größer, rückt aber nach peripher.

Ob sich eine Brillenglaskorrektur im Hinblick auf ein vorhandenes Skotom nun positiv oder negativ für einen Patienten auswirkt, kann wohl nur im Einzelfall entschieden werden, da ja auch noch das subjektive Empfinden des Patienten mitentscheidend ist. Von vorneherein wichtig ist aber wohl, daß man sich über die Verschiebungsrichtung, über die Größenänderung und über die Größenordnung von beiden im Klaren ist.

Der Sinn dieser Arbeit geht also über die rein quantitative Erfassung der Größenänderung hinaus, weil beispielsweise diese Kenntnisse bei einer Aphakiekorrektur von Bedeutung sind.

5. Zusammenfassung

Die Problemstellung lautet:

"In welcher Richtung und in welchem Ausmaß ändert sich die Lage und wie und in welchem Ausmaß ändert sich die Größe des blinden Fleckes in Abhängigkeit von der Dioptrienstärke einer Korrekturbrille".

Dazu wurden die blinden Flecke von sechs Augen perimetrisch untersucht. Die Augen der Versuchspersonen waren emmetrop und hatten einen Visus ≥ 1,0. Die axiale Augapfellänge lag im Normbereich. Der Abstand Hornhautscheitel - Brillenlinse betrug bei allen Untersuchungen 14,0 mm.

Untersuchungsgang:

1. Erzeugung von künstlichen Refraktionsfehlern an einem Auge durch Einsetzen von Kontaktlinsen der Stärken - 10,0 dpt; - 8,0 dpt; - 6,0 dpt; - 4,0 dpt; - 2,0 dpt; 0,0 dpt; + 2,0 dpt; + 4,0 dpt; + 6,0 dpt; + 8,0 dpt; + 10,0 dpt.

2. Korrektur der künstlichen Refraktionsfehler mit Brillengläsern in einem Probiergestell.

3. Perimetrische Bestimmung des blinden Fleckes bei Helladaption mit Ausmessung der horizontalen und vertikalen Durchmesser und der Lage in Winkelgrad.

E r g e b n i s s e :

Lageverschiebung des blinden Fleckes:

Bei Korrektur mit Konkavlinsen verschob sich der blinde Fleck vom Fixationspunkt weg nach peripher.

Bei Korrektur mit Konvexlinsen verschob sich der blinde Fleck auf den Fixationspunkt zu nach zentral.

Die Verschiebung des Mittelpunktes des blinden Fleckes aus der mittleren Ausgangslage von 15° betrug 0,29° je dpt oder 1,81 % je dpt.

Größenveränderung des blinden Fleckes:

Bei Korrekturen mit Konkavlinsen wurde der blinde Fleck größer. Bei Korrekturen mit Konvexlinsen wurde der blinde Fleck kleiner.

Der horizontale Durchmesser veränderte sich durchschnittlich um 2,57 % je Dioptrie in Bezug auf den Ausgangsdurchmesser.

Der vertikale Durchmesser veränderte sich durchschnittlich um 2,17 % je Dioptrie in Bezug auf den Ausgangsdurchmesser.

Für die Korrektur mit Konvexlinsen ergab sich eine sehr gute Übereinstimmung der Werte des vertikalen Durchmessers mit den Werten, die sich mit theoretischen Formeln von GERNET, OSTHOLT und WERNER errechnen lassen.

Für die Werte des horizontalen Durchmessers - oder auch eines auf einem Meridian liegenden Durchmessers - ergab sich eine schlechtere Übereinstimmung, da unsere Größenänderung für den horizontalen Durchmesser einen höheren Wert hat als für den vertikalen Durchmesser. Für die unterschiedlichen Größenänderungen ist wahrscheinlich eine Verzerrung des Strahlenganges, welche durch den zunehmenden Abstand vom Nullpunkt bedingt ist, verantwortlich.

Für die Korrektur mit Konkavlinsen ergab sich eine Überein-

stimmung nur noch in qualitativer Hinsicht. Unsere Größenänderungen waren eineinhalb bis zweimal so groß, als die mit den Formeln von GERNET, OSTHOLT und WERNER errechneten Größenänderungen.

Besondere Bedeutung haben unsere Ergebnisse bei der Korrektur von Refraktionsfehlern an Patienten mit organischen Skotomen, aber auch bei starken Refraktionsfehlern wie der Aphakie.

6. Literaturverzeichnis

BERGMANN-SCHAEFER*: Lehrbuch der Experimentalphysik Bd. III, F. Matossi, Optik. 5. Aufl. Berlin: Walter de Gruyter. 1972.

COMBERG, W.: Zur Untersuchung des peripheren Gesichtsfeldes. 42. Vers. Dtsch. Opthtalm. Ges., 268-282. 1920.

GERNET, H., OSTHOLD, H., WERNER, H.: Intraokulare Optik in Klinik und Praxis. 1. Aufl. Berlin: Rothacker. 1978.

GERTHSEN, CHR.*, KNESER, H.O.: Physik, 11. Aufl. Berlin: Springer. 1971.

HAGER, G.: Das Blickfeld und Umblickfeld bei gesunden Normalsichtigen. Klin. Mbl. Augenheilkunde 132, 656 - 670. 1958.

HAGER, G.: Das Blickfeld, Gesichtsfeld und Umblickfeld von Brillenträgern sowie von Patienten mit kornealen Haftschalen und Patienten mit intraokularer Korrektur. Klin. Mbl. Augenheilkunde 139, 317 - 338. 1961.

* Im Text nicht erwähnt.

HAGER, G.: Die Bedeutung von Gesichtsfeld- und Blickfeldausfällen durch Brillenrahmen und Folgerungen für Brillenrahmenherstellung und Anpassung. Klin. Mbl. Augenheilkunde 139, 543 - 553. 1961.

RÖSSLER, F.: Die Höhenstellung des blinden Fleckes im normalen Auge. Arch. für Augenheilkunde 86, 55 - 87. 1920.

WERNER, H., GERNET, H., NEUSER, G.: Rechenschemata, Nomogramme und Tabellen zur Berechnung der Brennweiten und Linsenhalter ametroper brillen- und haftschalenkorrigierter Augen sowie der Brechkräfte der Augenlinsen. Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung (GMD) 86. 1974

WERNER, H., GERNET, H., OSTHOLT, H., NEUSER, G.: Formeln zur Berechnung der optischen Größen, die bei den mit Brillen und Haftschalen korrigierter Augen auftreten. Schriftenreihe des Rechenzentrums der Universität Münster. 4. 1974.

SCHULTE, D.: Blinder Fleck und Refraktion.
DOG München, 43 - 46. 1950.

Für die Überlassung des Themas, für freundliche Unterstützung und wertvolle Anregung danke ich

Frau Prof. Dr. E. A u l h o r n .

Zusätzlich möchte ich mich bei Herrn E. Königsberger vom Institut Müller-Welt bedanken, welcher uns die Kontaktlinsen zur Verfügung stellte.

L e b e n s l a u f

Am 14.04.1956 wurde ich, Heinrich Schneider, als Sohn des Karl Schneider, Präsident des Landesamtes für Besoldung und Versorgung Baden-Württemberg, und seiner Ehefrau Elisabeth, geb. Mager, in Maulbronn geboren. Vom Frühjahr 1963 an besuchte ich die Grundschule in Urach und ab November 1963 die Grundschule in Metzingen, von wo ich am 09.12.1966 auf das Mathematisch-Naturwissenschaftliche Gymnasium in Metzingen wechselte. Nach Abschluß des Gymnasiums am 10.06.1975 mit dem Abitur begann ich im Oktober 1975 an der Eberhard-Karls-Universität Tübingen mit dem Studium der Medizin, legte am 31.08.1977 die ärztliche Vorprüfung, am 31.08.1978 den ersten Abschnitt der ärztlichen Prüfung und am 22.08.1980 den zweiten Abschnitt der ärztlichen Prüfung ab. Am 21.10.1981 bestand ich in Friedrichshafen die ärztliche Prüfung und bekam am 23.11.1981 die Approbationsurkunde als Arzt überreicht. Seit 01.02.1982 leiste ich als Stabsarzt meinen Grundwehrdienst bei der Bundeswehr ab.